СЛОВАРЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 621

СЛОВАРЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Под редакцией Л. П. КРАЙЗМЕРА и С. Э. ХАЙКИНА

Издание третье, переработанное и дополненное

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1966 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.37/39 (03)

«Словарь радиолюбителя» содержит истолкование большого числа понятий и явлений, с которыми приходится встречаться при чтении литературы по радиоэлектронике, а также некоторые сведения об организации радиовещания и радиолюбительства и справки библиографического и исторического характера. Основная цель «Словаря» — помогать радиолюбителю по мере надобности приобретать или расширять свои знания по отдельным возникающим у него вопросам физического и технического характера.

СЛОВАРЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Издание третье, переработанное и дополненное

М. — Л., издательство «Энергия», 1966, 740 стр. с рис.

(Массовая радиобиблиотека) Выпуск 621.

Редакторы *Л. П. Крайзмер* и *С. Э. Хайкин*

Редактор издательства *Я. В. Зарицкий*

Обложка *П. А. Кузнецова*

Технический редактор *В. И. Семенова*

Корректоры *Л. Г. Андрющенко* и *Э. А. Любченко*

Сдано в набор 1/IX 1966 г. Подписано к печати 19/X 1966 г. М-16973. Бумага типографская № 2 84×108¹/₃₂. Печ. л. прив. 38,85. Уч -изд. л. 55. Тираж 50 000 экз. Цена 2 р. 38 к. Заказ 402.

Ленинградская типография № 1 «Печатный Двор» им. А. М. Горького Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, Гатчинская, 26.

3-4-5

387-66

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

В связи с быстрым развитием радиотехники за время, прошедшее с момента выхода первого издания «Словаря радиолюбителя», возникла необходимость как в дополнении «Словаря» большим числом новых терминов, так и в существенной переработке характера изложения. При этом основную задачу «Словаря» автор видел в том, чтобы помочь радиолюбителю по мере надобности пополнять и уточнять свои знания и физические представления о тех понятиях и явлениях, с которыми радиолюбитель может встретиться не только в своей практической деятельности, но и при чтении литературы по широкому кругу вопросов, касающихся радиотехники и ее разнообразных применений. В соответствии с этим в «Словаре» много места уделено основным физическим явлениям и понятиям; технические вопросы разъясняются более кратко, а указания о конструкциях и эксплуатации радиоаппаратуры и сведения справочного характера вообще не приводятся.

Из сказанного ясно, что «Словарь» не предназначен служить пособием к непосредственной практической деятельности радиолюбителя, а имеет целью лишь помочь ему в расширении технического кругозора и углублении теоретических знаний.

С. Э. Хайкин

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

После того, как второе издание «Словаря радиолюбителя» разошлось и возник вопрос о подготовке третьего издания, издательством было принято решение, сохранив общий характер «Словаря» и его назначение (см. предисловие ко второму изданию), значительно расширить рамки «Словаря». Было признано необходимым дополнить его большим числом новых терминов, появившихся в результате быстрого развития как основных разделов собственно радиотехники — телевидения, техники полупроводниковых приборов, импульсной техники и т. д., так и смежных с радиотехникой дисциплин, таких, как автоматика, кибернетика, электронная вычислительная техника и т. д. Совершенно очевидно, что такая задача была не под силу одному автору. Поэтому к подготовке третьего издания «Словаря» была привлечена группа авторов, являющихся специалистами в различных областях как собственно радиотехники, так и в смежных областях.

В составлении «Словаря» приняли участие:

Е. И. Баранчук	— по автоматике;
Г. С. Гензель	— по электроакустике и звукозаписи;
Л. М. Гольденберг	— по импульсной технике;
Л. П. Крайзмер	— по кибернетике и электронной вычислительной технике;
В. К. Лабутин	— по полупроводниковым приборам;
Г. Г. Меньшиков	— по импульсной технике;
В. П. Сочивко	— по кибернетике;
А. М. Халфин	— по телевидению, фототелеграфии и электронно-лучевым приборам;
А. Ф. Чивилев	— по электронной вычислительной технике;
Н. А. Шахбудагов	— по радиолокации и радионавигации;
В. А. Бурлянд	— сведения библиографического и исторического характера.

Наряду с новыми терминами, введенными в «Словарь», перечисленными авторами были в большинстве случаев заново написаны объяснения терминов, относящихся к указанным разделам, а в некоторых случаях переработаны относящиеся к этим разделам объяснения терминов, заимствованные из второго издания «Словаря».

Что касается терминов, относящихся к общим вопросам радиотехники (физические основы электротехники и радиотехники, электронные лампы и электронно-ламповые приборы, вопросы излучения, распространения

и приема радиоволн и т. п), то в подавляющем большинстве случаев объяснения их взяты из второго издания «Словаря».

Переработка текста терминов общего характера, взятых из второго издания, выполнена автором второго издания — С. Э. Хайкиным. Им же написаны заново объяснения некоторых терминов общего характера, отсутствовавших во втором издании.

Редакторы

УКАЗАНИЯ К ПОЛЬЗОВАНИЮ «СЛОВАРЕМ»

Все сложные (состоящие более чем из одного слова) термины расположены в обычном порядке следования слов. Термины, содержащие собственное имя, в большинстве случаев начинаются с этого имени, например «Герца вибратор».

В некоторых случаях, когда порядок следования слов не однозначен (например, «анодный ток» или «ток анода»), термин помещается в «Словаре» дважды — в одном месте с объяснением, а в другом — со ссылкой на первый термин.

В объяснительном тексте повторяется только начальная буква (большая) объясняемого термина или все начальные буквы в случае сложных терминов.

Термины, на которые в тексте делается ссылка, набраны курсивом.

А

Аберрации — искажения при оптической и электронно-оптической фокусировке. Различаются А. дифракционные, связанные с длиной волны световых и электронных лучей, хроматические, связанные с различным преломлением лучей разной длины волны или скорости электронов, и геометрические, связанные с удалением лучей от оптической оси.

Абсолютный уровень — см. *Уровень*, *Громкость.*

Аварийный передатчик — специальный судовой радиопередатчик, служащий для передачи *сигнала бедствия* и координат судна, терпящего бедствие. А. п. снабжаются независимыми от бортовой сети источниками питания.

АВК — сокращение устаревшего термина «автоматический волюмконтроль», означающего *автоматическую регулировку усиления.*

Авометр—ампер-вольт-омметр — комбинированный многошкальный электроизмерительный прибор, используемый в качестве амперметра, вольтметра и омметра.

Автогенератор — *ламповый генератор* или генератор на *полупроводниковых триодах* с самовозбуждением. Название А. связано с тем, что создаваемые им колебания принадлежат к классу *автоколебаний.*

Автодинный прием — прием на *регенератор*, создающий собственные колебания, частота которых отлична от частоты принимаемых колебаний. В результате *детектирования* этих двух колебаний (которое происходит в том же регенеративном каскаде) получается колебание с частотой, равной разности частот принимаемых и местных колебаний. А. п. применяется обычно для приема на слух телеграфных сигналов по методу *биений.*

Автоколебания — колебания со стационарной амплитудой (незатухающие колебания), амплитуда, частота и форма которых определяются свойствами самой системы, создающей эти колебания. Вместе с тем и поступление в систему энергии, необходимой для поддержания колебаний, регулируется самой системой. Типичным примером А. служат колебания, создаваемые обычным *ламповым генератором.* А. могут происходить не только в электрических, но и в механических системах. Примерами механических А. являются колебания маятника часов. Системы, способные совершать А., называются автоколебательными.

Во многих автоколебательных системах можно четко выделить два основных элемента — колебательную систему, способную совершать собственные колебания, и устройство, автоматически регулирующее поступление энергии из поддерживающего колебания источника в колебательную систему. Это устройство поддерживает поступление энергии в систему на таком уровне, чтобы за период колебаний поступала энергия, равная рассеявшейся в колебательной системе за то же время. Благодаря этому за каждый период потери энергии в системе компенсируются, чем обеспечивается постоянство амплитуды А.

Указанное разделение легко провести в ламповом генераторе (колебательный контур и электронная лампа), в часах (маятник и механизм часов) и т. д. В некоторых случаях, например в *блокинг-генераторах*, такое разделение провести невозможно, и картина поддержания А. становится более сложной. Однако баланс энергии, подводимой в систему и расходуемой в ней за период, должен соблюдаться во всех случаях, так как А. должны быть стационарными. Поскольку расход энергии в системе за период колебаний зависит от их амплитуды, то для соблюдения баланса поступление энергии в систему от источника должно зависеть от амплитуды колебаний в системе. Такая зависимость может быть осуществлена лишь в *нелинейных системах* и только при определенных амплитудах колебаний в ней. Этого можно достигнуть, изменяя режим нелинейной системы, например величину обратной связи в ламповом генераторе. Указанное свойство А. — существование только отдельных значений амплитуды А. — в картине на фазовой плоскости (см. *Фазовое пространство*) отражается в том, что замкнутая фазовая траектория, соответствующая периодическим колебаниям с определенной амплитудой, изолирована (так как соседние с ней траектории не соответствуют периодическим колебаниям и являются незамкнутыми). Такая изолированная замкнутая траектория на фазовой плоскости называется *предельным циклом*.

Автомат — электронное, электрическое, пневматическое, механическое или какое-либо иное устройство, в котором без участия человека выполняются процессы получения, преобразования, передачи и использования информации, энергии или переработки вещества. А. — одно из основных понятий *кибернетики*, хотя исторически оно издавна применялось в технике и в традиционной автоматике. В настоящее время наибольшее внимание привлекают так называемые цифровые А., под которыми понимаются логические и арифметические устройства дискретного действия, в частности — широко известные универсальные цифровые вычислительные машины. Собственно анализ и синтез цифровых автоматов и составляет основу теории проектирования цифровых вычислительных машин. В последние годы появились устройства, которые иногда называют высшими автоматами. В основном это А. неарифметического действия, предназначенные для решения таких «интеллектуальных» задач, как *опознание образов*, эвристический (т. е. основанный на *эвристическом программировании*) поиск решения задачи, самообслуживание и саморемонт и т. п.

В теоретической кибернетике вводится понятие абстрактного А. Примером такой абстракции является *конечный А*. В рамках теории конечных А. абстрагируются от вопросов технической реализации и все построения проводятся на уровне математического и логического анализа.

Техническая кибернетика рассматривает большое число реальных автоматов, применяемых в промышленности, на транспорте, в военном деле, торговле, связи и т.д. При этом широко используются методы анализа и синтеза автоматов, разработанные в рамках теоретической кибернетики, если они доведены до инженерного уровня.

Автоматизация комплексная — этап автоматизации технологических процессов, отдельных участков, цехов, заводов, при котором все операции осуществляются по заданным программам с помощью различных автоматических устройств. При А. к. эти устройства выполняют функции управления, регулирования, контроля и сигнализации. Функции людей сводятся к наблюдению за ходом и анализу

процессов, периодическому ремонту и т. д. С возрастанием степени автоматизации на автоматические устройства возлагают все более сложные функции, к которым относятся, например, автоматическая наладка (настройка) оборудования, выбор оптимальных режимов и т. п. Для решения таких задач системы А. к. должны включать в себя специальные автоматические устройства, называемые управляющими машинами. Эти машины позволяют централизовать управление сложными производствами, резко повысить производительность труда, координировать работу нескольких предприятий.

Примерами А. к. предприятий являются почти все крупные гидроэлектростанции СССР. Удобны как обьекты для А. к. предприятия с непрерывным технологическим процессом (химические, металлургические и т. п.).

Автоматика — область науки и техники, занимающаяся построением автоматических систем, к которым относятся автоматизированные устройства, машины, цехи, заводы и т. д., выполняющие определенные технологические функции без непосредственного участия людей. Теоретической основой А. служит *техническая кибернетика*. Материальной основой А. являются автоматические приборы, устройства, средства автоматизации, различные электронные, полупроводниковые приборы, вычислительные машины и т. д. С А. тесно связано автоматическое управление различными производственными процессами. В зависимости от формы управления и выполняемых функций различают три класса автоматических систем: 1) системы с жестким управлением; 2) системы *автоматического регулирования*; 3) автоматические системы настройки (*самонастраивающиеся системы*).

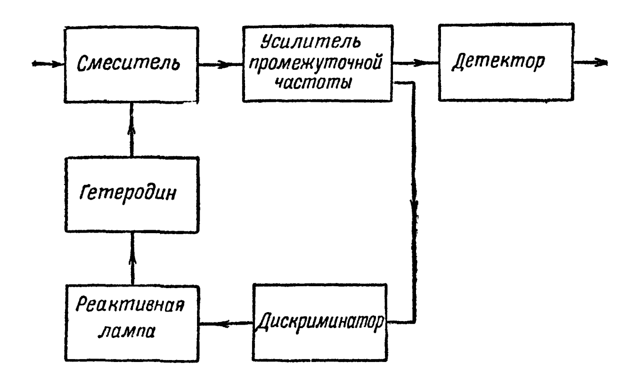
Автоматические системы с жестким управлением решают определенные задачи без непосредственного вмешательства людей в соответствии с заранее установленной для них жесткой программой или неизменной последовательностью действий. У таких систем информационные процессы не имеют какого-либо существенного значения (станки-автоматы, поточные линии и т. д.).

У остальных автоматических систем в основе функционирования лежат процессы получения, переработки и использования информации. Поэтому они должны включать в себя различные простые или сложные устройства для автоматического восприятия и переработки информации. Такие устройства называют управляющими.

Автоматическая защита — одна из форм автоматического управления, применяемая для предупреждения повреждений или нарушений заданного цикла производственных установок при возникновении ненормальных режимов работы. А. з. может быть основана на непосредственном контроле технологических процессов либо при помощи контроля нагрузки какого-либо агрегата. При действии А. з. измеряются параметры контролируемых величин (например: температура, ток, напряжение, мощность, уровень и т. д.) и при отклонении их от нормальных значений вырабатываются сигналы, предупреждающие об опасности или вызывающие автоматическое отключение. Характер и конструкция устройств А. з. зависят от свойств защищаемых объектов и специфики технологических процессов.

Большое внимание уделяется А. з. в энергетических высоковольтных установках и распределительных сетях. Здесь задача А. з. состоит в том, чтобы отключить поврежденное оборудование или участок сети, предупредить аварию или ограничить ее развитие. Общей задачей А. з. является повышение надежности систем энергоснабжения и автоматического управления.

Автоматическая подстройка частоты — устройство, автоматически удерживающее заданное значение частоты передатчика или настройку приемника на частоту принимаемой станции. В передатчиках АПЧ устраняет уходы частоты, вызванные изменением режима генератора. В приемниках, работающих *по принципу супергетеродина*, необходимость подстройки может быть вызвана не только изменением частоты принимаемой станции, но и уходом частоты гетеродина в самом приемнике.



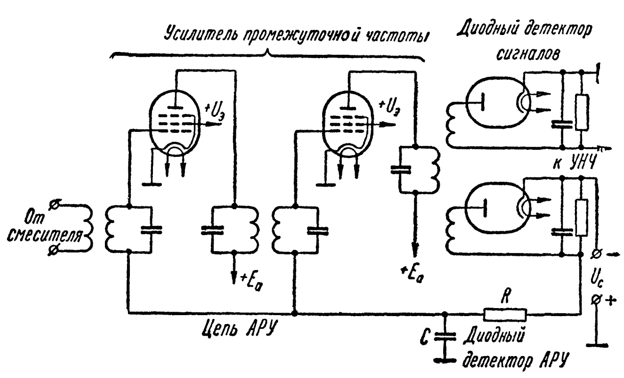
Одна из схем АПЧ в приемниках приведена на рис. Получающиеся при приеме сигналов колебания подаются с *усилителя промежуточной частоты* на *частотный дискриминатор*. В случае ухода частоты принимаемой станции или местного гетеродина, промежуточная частота изменяется и на выходе дискриминатора появляется постоянное напряжение, величина и знак которого определяются величиной и знаком отклонения промежуточной частоты от той, на которую настроен усилитель промежуточной частоты. Напряжение с выхода дискриминатора подается на *сетку реактивной лампы*, включенной параллельно колебательному контуру гетеродина. Вследствие этого реактивное сопротивление данной лампы, а вместе с тем и частота гетеродина изменяются так, что промежуточная частота возвращается к правильному значению.

В приемниках сантиметровых волн, где в гетеродинах применяются *отражательные клистроны*, постоянное напряжение от дискриминатора подается на отражатель клистрона, вследствие чего частота генерируемых им колебаний изменяется в нужном направлении.

Автоматическая радиометеорологическая станция АРМС — метеорологическая станция, автоматически передающая несколько раз в сутки в определенные часы метеорологические данные (сведения о температуре, давлении воздуха, направлении и силе ветра и т. п.). АРМС имеют свой радиопередатчик, получающий питание от батареи гальванических элементов большой емкости или аккумуляторов (автоматически подзаряжаемых от ветросиловой зарядной установки), и устанавливаются в труднодоступных местах, главным образом в Арктике, в частности, на дрейфующих льдинах. За создание одной из первых АРМС Б. М. Коноплев с сотрудниками были награждены Государственной премией.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ). Автоматическая регулировка чувствительности

(АРЧ) — устройство, позволяющее поддерживать величину радиосигналов на выходе приемника (в частности, громкость радиоприема) на определенном уровне, не зависящем от силы приходящих радиосигналов.



Одна из применяемых схем АРУ изображена на рис.: приходящие сигналы после усиления действуют на специальный диодный детектор (см. *Диодное детектирование*), который создает постоянное напряжение смещения U_c в цепях сеток ламп, усиливающих колебания высокой или промежуточной частоты и работающих в таком режиме, что увеличение смещения вызывает уменьшение усиления, даваемого этими лампами. Поэтому усиление оказывается тем меньшим, чем сильнее принимаемый сигнал, и уровень сигналов на выходе приемника почти не изменяется при изменении силы принимаемых сигналов.

Однако усиление не должно изменяться при изменении амплитуды сигналов вследствие модуляции, так как в противном случае возникла бы *демодуляция* и искажение сигналов. Для того чтобы усиление не изменялось из-за модуляции сигнала, смещающее напряжение от детектора АРУ подается на сетки ламп через фильтр RC с большой *постоянной времени*. В результате напряжение на конденсаторе C не успевает изменяться с частотой модуляции (для этого постоянная времени должна быть порядка 0,1 *сек*) и изменяется только при медленных изменениях амплитуды принимаемых сигналов, например при *замираниях*. Так достигается некоторый, примерно постоянный, уровень громкости приема, причем он устанавливается выбором режима АРУ.

В каскадах с регулируемым усилением обычно применяются специальные лампы с сильно вытянутой нижней частью сеточной характеристики, называемые *лампами с удлиненной характеристикой*.

Автоматическая синхронизация — поддержание одновременности параметров каких-либо процессов, например, частоты и фазы двух колебаний. А. с. широко применяется в осциллографах, *телевизионной технике*, *автоматике*, телемеханике, телеметрии и т. д. А. с. осуществляется либо автономно, т. е. независимо, либо принудительно. Для принудительной *синхронизации* автоколебательных систем (см. *Автоколебания*) используется, в частности, явление *захватывания*.

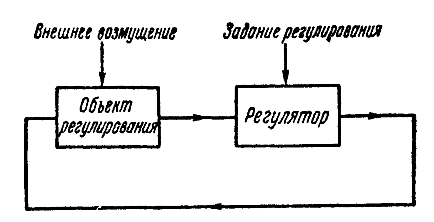
Автоматическая система — совокупность машин и устройств, которые, взаимодействуя в производственном процессе, выполняют опре-

деленные функции по заданному закону без вмешательства человека. Различают два основных класса А. с.: циклические и информационные. Первые выполняют свои функции по заранее установленной программе (станки-автоматы, поточные линии и т. д.). Вторые учитывают не только данную программу, но и информацию о внешних условиях, которая предварительно не может быть предсказана (следящие и регулируемые системы и т. д.). По структуре А. с. можно разделить на: 1) разомкнутые А. с. жесткого управления, 2) замкнутые с постоянной настройкой, 3) замкнутые с автоматической настройкой.

Автоматическая система регулирования — замкнутая система, предназначенная для поддержания некоторой величины или нескольких величин (регулируемых параметров) в объекте регулирования на определенном заданном уровне. Действительное значение регулируемой величины определяется измерительным устройством. В измерительном устройстве (а иногда в другом устройстве) сравниваются фактические значения регулируемых параметров с заданными. Разность между указанными величинами (рассогласование) преобразуется, усиливается и действует на исполнительные устройства. Последние изменяют количество энергии или вещества, поступающие в объект регулирования, таким образом, что регулируемые параметры поддерживаются на заданном уровне.

Структурная схема А. с. р. содержит два основных элемента (см. рис.): объект регулирования и регулятор. Кроме указанного на рис. задания, на А. с. р. действуют различные внешние возмущения, нарушающие нормальные режимы ее работы. Задача любой А. с. р. состоит в том, чтобы устранить влияние этих возмущений и возможно точнее выполнить задачу автоматического регулирования.

А. с. р. принято подразделять в зависимости от типов применяемых регуляторов на системы непрерывного и дискретного действия. У непрерывных систем между всеми величинами, действующими на входе и выходе любых звеньев, существует



непрерывная функциональная зависимость. У дискретных систем величины на выходе какого-либо звена регулятора представляют собой последовательности импульсов, параметры которых зависят от величин на входе этого звена и изменяются в дискретные моменты времени.

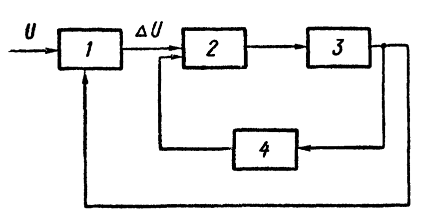
Автоматические оптимальные системы — системы с управлением, обеспечивающим достижение наивыгоднейших значений определенных критериев качества или критериев оптимальности. А. о. с. появились в связи с высокими требованиями к быстродействию, точности и надежности автоматических систем. Они позволяют довести быстродействие и точность до значений, близких к предельным, определяемым ограничениями на скорость, ускорение, напряжение и другие параметры отдельных элементов систем.

В состав любой А. о. с. должно входить управляющее вычислительное устройство, при помощи которого выполняется анализ состояния системы, поиск оптимального режима и выработка соответствующих управляющих сигналов.

Автоматический компенсатор — измерительное устройство, основанное на компенсационном или мостовом методе измерений, с автомати-

ческими устройствами для уравновешивания. В качестве последних служат следящие системы высокой чувствительности.

Принципиальная схема А. к. приведена на рис. Измеряемая величина U (электрическая или неэлектрическая) воздействует на датчик, входящий в измерительное устройство *1*, которое представляет собой мостовую или компенсационную измерительную схему. В измерительное устройство входит также компенсирующий элемент. В зависимости от измеряемой величины и



положения компенсирующего элемента на выходе измерительного устройства возникает сигнал рассогласования ΔU, поступающий на вход усилителя *2*. Усиленный сигнал подается на исполнительный двигатель *3*, который перемещает компенсирующий элемент так, чтобы устранить сигнал рассогласования. Компенсирующий элемент механически связан с указателем и регистрирующим устройством.

Точность А. к., как и любой следящей системы непрерывного действия, зависит от коэффициента усиления прямой цепи. Для стабилизации и увеличения быстродействия А. к. используются специальные корректирующие устройства как в прямой цепи усиления, так и в цепях обратных связей *4*. Существует большое число различных модификаций А. к. Многие из них обладают погрешностью, не превосходящей $\pm 0{,}2 \div 0{,}3\%$.

Автоматический контроль — автоматическое получение, обработка и регистрация информации о состоянии объекта Процесс А. к. разделяется на ряд более простых операций: 1) получение первичной информации о контролируемых величинах посредством измерений; 2) преобразование первичной информации к виду, удобному для дальнейшей обработки; 3) выявление специфических особенностей; 4) регистрация; 5) запоминание и т. д.

Основными устройствами для получения первичной информации являются первичные преобразователи-*датчики*. Промежуточные преобразователи осуществляют усиление сигналов, *квантование*, различные математические операции (интегрирование, сложение, умножение и т. д.), *кодирование* и *декодирование*. Регистрация, запоминание, сигнализация или передача на расстояние обработанной информации служат в А. к. завершающими операциями. А. к. всегда является составной частью более сложного процесса *автоматического управления*.

Совокупность устройств, обеспечивающих А. к., называется системой автоматического контроля. В зависимости от специфических свойств объектов, технологии, степени автоматизации производства и т. д. различают следующие формы А. к.: 1) единичный контроль одного параметра без связи с другими источниками информации; 2) множественный контроль ряда параметров; 3) параллельный контроль ряда параметров; 4) последовательный контроль; 5) последовательно-параллельный контроль; 6) обегающий контроль с периодическим подключением различных источников информации; 7) логический контроль, при котором периодичность и длительность подчиняются определенному алгоритму; 8) эпизодический контроль; 9) многоступенчатый контроль.

Различают также: локальный (местный), дистанционный и телемеханический контроль.

Автоматический поиск — процесс, в ходе которого *автомат* ищет некоторое значение одного параметра или значения ряда параметров так, чтобы обеспечить самонастройку автомата. Самонастройка, обеспечивающая оптимальное решение, может осуществляться за счет поиска экстремума некоторой функции Ф $(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n)$ n переменных $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$. Нетрудно понять причины многообразия терминов — оптимизатор, экстремальный регулятор, устройство А. п. экстремума (минимума или максимума) функции, устройство самонастройки на экстремум и т. д. Все это разные названия того, что понимается под А. п.

В настоящее время А. п. это не только теория, но и конкретные технические решения. Отечественной промышленностью освоены оптимизаторы типов 3-АО-10/5, 2-АО-12/5 и др., которые используются для А. п. параметров, определяющих наилучшие показатели протекания технологического процесса, наивыгоднейшего режима работы разного рода систем.

Автоматический потенциометр — см. *Автоматический компенсатор.*

Автоматический привод — автоматическое устройство для приведения в движение рабочих органов различных машин и управления ими без участия человека. Наибольшее распространение получили электрические А. п., которые состоят из электродвигателей и устройств автоматического пуска и управления. Последние выполняют следующие функции: автоматический пуск, торможение, останов и реверсирование электродвигателей, а также автоматическое регулирование по заданной программе или с автоматическим выбором наиболее рациональных режимов. Некоторые сложные А. п. включают в себя специальные вычислительные устройства.

Автоматический регулятор — прибор, предназначенный для обнаружения отклонения величин, характеризующих работу объекта регулирования, от заданных значений (или законов изменения) и для устранения этих отклонений. Для выполнения этих задач А. р. должны иметь следующие элементы: а) выявительные устройства; б) устройство, задающее желаемое значение регулируемого параметра,— задатчик; в) устройство сравнения сигналов выявительного устройства и задатчика; г) усилительные устройства; д) устройства для формирования управляющего сигнала; е) исполнительное устройство, преобразующее усиленный управляющий сигнал в перемещение регулирующего органа.

Наиболее широкое распространение получили электронные регуляторы непрерывного действия и *позиционные регуляторы.* У А. р. непрерывного действия связь между входными и выходными величинами определяется в переходных режимах линейным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами. Эта связь получила название закона регулирования.

Постоянные, входящие в закон регулирования, называются параметрами настройки регулятора. Их значения должны определяться путем анализа работы всей *автоматический системы регулирования* в установившихся и переходных режимах.

А. р. непрерывного действия должны включать в себя устройства для формирования управляющих сигналов. В зависимости от формирующих устройств А. р. делят на: а) электрические, б) электронные, в) пневматические, г) гидравлические. У электрических и электронных А. р. в качестве формирующих устройств применяются пассивные *RC*-цепи и различные электронные *дифференцирующие* и *интегрирующие устройства.*

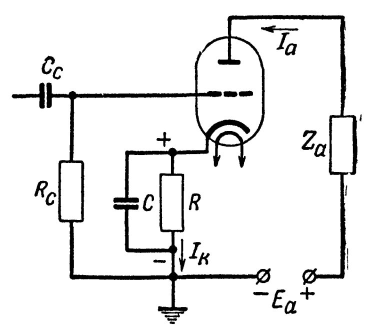
Автоматический регулятор уровня — см. *Регулировка усиления.*

Автоматическое регулирование — одна из форм *автоматического управления*, которая заключается в поддержании заранее заданных законов изменения управляемых величин, характеризующих технические процессы. Для осуществления А. р. система должна содержать *автоматический регулятор*. Существуют следующие основные принципы А. р.: регулирование по отклонению регулируемой величины от заданного значения; регулирование по возмущению или нагрузке; комбинированное регулирование, совмещающее предыдущие принципы.

Автоматическое резервирование — автоматическое включение в работу резервных источников питания и оборудования. А. р. используется при авариях, перегрузках и других нарушениях режимов основного оборудования для обеспечения нормального хода технологических процессов. Исходными командами для действия А. р. могут служить различные изменения неэлектрических величин: давления жидкости или пара, уровня жидкости, скорости вращения и т. д. Например, при понижении давления воды в питательной магистрали котельной может производиться автоматическое включение резервного питательного насоса с электроприводом и т. д.

А. р. является средством повышения надежности работы машин, автоматических линий, цехов и т.д. Существует много вариантов А. р., из которых важнейшими являются постоянное и резервирование замещением. В первом случае резервные устройства присоединены к основным в течение всего времени работы и находятся в одинаковом с ними рабочем режиме; во втором — резервные устройства замещают основные после их отключения.

Автоматическое смещение — отрицательное напряжение *сеточного смещения*, создаваемое не с помощью специального источника э. д. с., а за счет падения напряжения, вызванного током, текущим между анодом и катодом электронной лампы. Для этого в цепь катода лампы включается сопротивление R, и общей точкой сеточной и анодной цепей служит не катод, а другой конец сопротивления R (см. рис.). Протекающий по со-



противлению *катодный ток* $I_к$ создает некоторое падение напряжения, вследствие которого нижний конец сопротивления R оказывается под отрицательным напряжением по отношению к катоду. Так как конец сеточной цепи присоединен тоже к нижнему концу сопротивления R, то и сетка оказывается под тем же отрицательным напряжением по отношению к катоду. Это отрицательное напряжение и играет роль сеточного смещения.

Для того чтобы колебания катодного тока, происходящие при работе лампы, не вызывали колебаний сеточного смещения, сопротивление R шунтируется достаточно большой емкостью C, чтобы *постоянная времени* цепи RC была значительно больше, чем самый медленный период изменений катодного тока (порядка 0,1 *сек*). Тогда переменная составляющая катодного тока проходит через эту емкость без заметного падения напряжения и, следовательно, величина

сеточного смещения не изменяется при колебаниях катодного тока.

Автоматическое сопровождение цели — непрерывная выработка координат цели в артиллерийской радиолокационной станции, производимая автоматически, для передачи их в прибор управления стрельбой. Так как координаты цели непрерывно изменяются (например, координаты воздушной цели), то для возможности ведения прицельной стрельбы по ней с помощью радиолокации необходимо непрерывное наблюдение цели и непрерывная передача ее координат в прибор управления огнем. Это может производиться автоматически, посредством системы А. с. ц.

В соответствии с принятой системой *координат цели* различаются: 1) А. с. ц. по углу, для автоматической непрерывной выработки угловых координат: одной (азимут или курсовой угол на цель) — в двухкоординатных станциях или двух (дополнительно — угол места цели) — в трехкоординатных станциях; 2) А. с. ц. по дальности.

А. с. ц. по углу осуществляется следующим образом: радиолокационная станция излучает радиоволны в виде очень тонкого пучка, направленного с помощью специального приспособления в антенне под небольшим углом (около 1°) к оси ее излучения и непрерывно вращающегося вокруг этой оси, описывая коническую поверхность, телесный угол которой весьма мал (около 2°). Луч вращается со скоростью около 30 *об/сек.* Если цель находится точно по оси антенны, то амплитуда отраженных от нее сигналов постоянна. Если же цель перемещается так, что радиолуч периодически «соскальзывает» с нее, то отраженные импульсы становятся модулированными по амплитуде. Амплитуда огибающей импульсов зависит от того, насколько сдвинулась цель, а фаза ее — от того, в какую сторону она сдвинулась. В результате сравнения формы огибающей кривой с синусоидой той же частоты получается сигнал рассогласования, который действует на моторы, вращающие антенну (один — по азимуту, т. е. в горизонтальной плоскости, другой — по углу места, т. е. в вертикальной плоскости) и поворачивающие ее так, чтобы направление оси излучения совпадало с направлением на цель, что обеспечивает слежение антенны за целью.

А. с. ц. по дальности осуществляется следующим образом: в схеме станции вырабатываются местные импульсы, называемые селекторными, запаздывающие относительно излучаемых радиоимпульсов на время, необходимое для того, чтобы радиоимпульс дошел до цели и, отраженный от нее, вернулся к станции. В таком случае, очевидно, селекторный импульс совпадает по времени с отраженным импульсом. Если цель, перемещаясь, удаляется от станции или приближается к ней, то селекторный импульс перестает совпадать по времени с отраженным. Оба импульса поступают в специальное устройство — временной различитель, где вырабатывается «сигнал ошибки», который действует на управляющую схему, в свою очередь изменяющую момент выработки селекторного импульса так, чтобы свести к нулю разность во времени между моментами выработки селекторного импульса и прихода отраженного и уничтожить сигнал ошибки. Таким образом, если отраженный импульс перемещается вдоль оси дальности на индикаторной трубке, то за ним все время следует селекторный импульс. Схема же выработки последнего легко может быть связана с прибором управления огнем и передавать ему координату цели — дальность.

Автоматическое управление — отрасль науки и техники, охватывающая средства автоматизации, теорию и методы построения управления техническими процессами, осу-

ществляемыми без непосредственного участия людей. Любые процессы управления можно охарактеризовать некоторой совокупностью предписаний, обеспечивающих необходимое функционирование объектов управления. Такие предписания должны содержать определенную информацию о средствах автоматизации, возмущениях, технологических процессах и т. д.

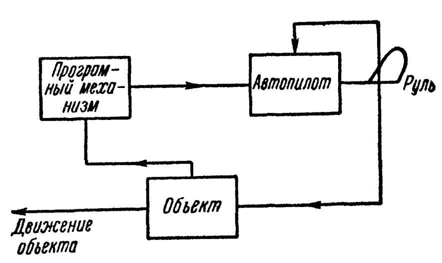
Современное состояние А. у. характеризуется созданием все более мощных и совершенных средств автоматизации, использующих лучшие достижения науки и техники. Современные системы А. у. используют централизацию управления отдельными технологическими процессами, целыми предприятиями (комплексами технологических процессов) и даже большим числом различных предприятий.

Автономная синхронизация — синхронизация, достигаемая стабилизацией частоты местного генератора развертки, работающего в режиме *автоколебаний*. Относительная стабильность генераторов строчной частоты на приемной и передающей сторонах должна быть не хуже 10^{-8}. При этом синхронизация кадровой развертки достигается путем деления *частоты строк* на стандартное число строк (номинальное). При А. с. необходима регулировка фазы строчной и кадровой частот для того, чтобы моменты начала строчной и кадровой разверток совпадали (введение в рамку).

А. с. применяется в *фототелеграфии* и малокадровом телевидении, где требования к стабильности генераторов развертки на три-четыре порядка ниже, чем в телевидении вещательного типа.

Автономное управление движением — способ управления движением без использования энергии, идущей от командного пункта или цели. Командный пункт используется лишь для управления в исходном положении. А. у. д. осуществляется по заданной программной траектории автоматическими устройствами, расположенными на движущемся объекте.

Основными элементами систем А. у. д. (см. рис.) являются программный механизм, вырабатывающий закон управления, и *автопилот*. На вход автопилота подается управляющий сигнал, вырабатываемый программным механизмом, и сигналы, которые служат для



стабилизации объекта при действии возмущений. Программный механизм конструируется таким образом, что вырабатываемые им сигналы являются вполне определенными заданными функциями времени. Вид этих функций зависит от характера наперед заданной траектории движения.

Основное преимущество А. у. д. по сравнению с другими видами управления состоит в наибольшей защищенности от организованных помех. Существенными недостатками А. у. д. являются непригодность для наведения движущихся объектов на маневрирующие и движущиеся цели и невысокая точность, почему обычно оно применяется в сочетании с другими видами управления.

Автопараметрический резонанс — см. *Автопараметрическое возбуждение*.

Автопараметрическое возбуждение — возникновение интенсивных колебаний в *регенераторе* при обратной связи, немного не доведенной до самовозбуждения колеба-

ний, под действием периодической внешней э. д. с., имеющей частоту, приблизительно вдвое большую (в простейшем случае), чем та, на которую настроен регенератор. Частота возникающих колебаний близка к частоте настройки регенератора и точно вдвое меньше частоты внешнего воздействия. Таким образом, при А. в. происходит деление частоты.

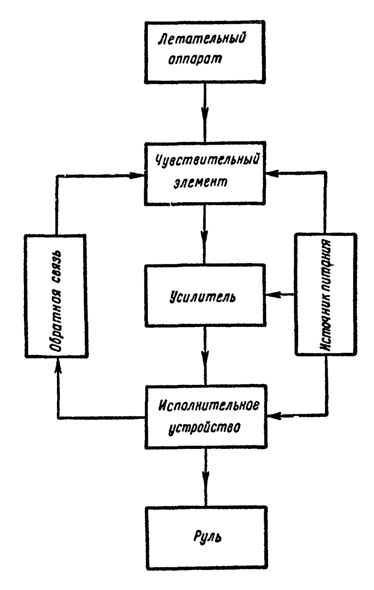
А. в. наблюдается только в нелинейных системах, где внешняя э. д. с. может создать условия, при которых состояние равновесия системы становится неустойчивым и наступает самовозбуждение колебаний с частотой, близкой к частоте ее собственных колебаний, и точно, в целое число раз, меньшей, чем частота внешней э. д. с. (Близкий к самовозбуждению регенератор как раз является такой нелинейной системой.)

Так как А. в. наступает лишь при известных соотношениях между частотой внешней э. д. с. и настройкой контура, то оно носит резонансный характер и поэтому называется иначе автопараметрическим резонансом. Однако, в отличие от обычного *резонанса*, в линейных системах явление А. в. наступает только при не слишком малых амплитудах внешней э. д. с. и прекращается при амплитудах, превышающих некоторое определенное значение, т. е. для А. в. существуют как «порог», так и «потолок».

Явление А. в. впервые наблюдалось польским ученым Я. Грошковским, детально изучено советскими учеными *Л. И. Мандельштамом* и *Н. Д. Папалекси* и применено ими для целей деления частоты.

Автопилот — автоматическое устройство, предназначенное для удержания летательного аппарата в заданном режиме полета без вмешательства человека. Управление летательным аппаратом заключается в сохранении режима полета или переводе с одного режима в другой в соответствии с заданной программой. Режим полета летательного аппарата определяется скоростью и высотой полета, курсом, а также горизонтальностью положения в направлении, поперечном к направлению полета.

А. включает в себя несколько автоматов, управляющих одним из перечисленных выше параметров. Каждый из автоматов состоит из



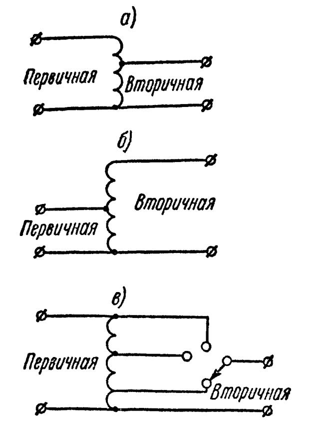
следующих основных частей (см. рис.): чувствительного элемента, усилительных устройств, исполнительных устройств, источников питания, *обратных связей*, приборов контроля и управления.

Назначение чувствительного элемента — реагировать на отклонение режима полета от заданного. Такими элементами А. служат различные гироскопические системы (см. *Гироскоп*). Усилитель усиливает сигналы отклонения и управляет исполнительным устройством. Исполнительные устройства (рулевые машины) отклоняют соответствующие рули летательного ап-

парата, обеспечивая стабилизацию отдельных параметров. В современных летательных аппаратах (реактивных самолетах, ракетах и т. д.) применяются электронные А. с электрическими, электрогидравлическими или пневматическими исполнительными устройствами.

Автостоп — приспособление для остановки в нужный момент движущихся механизмов. Применяется, например, в радиолах и проигрывателях граммофонных пластинок для автоматической остановки двигателя или диска по окончании проигрывания.

Автотрансформатор — трансформатор, у которого витки одной обмотки составляют часть витков другой обмотки, т. е. обе обмотки частично совмещены.



А. так же, как и обычный трансформатор, применяется для трансформации напряжений, причем коэффициент трансформации определяется отношением числа витков, входящих во вторичную цепь, к числу витков, входящих в первичную. В зависимости от этого отношения А. является понижающим (см. рис. *а*) или повышающим (см. рис. *б*).

А., в котором с помощью ползунка можно изменять число витков, входящих во вторичную цепь (регулируемый А., или «вариак»), позволяет изменять коэффициент трансформации и, в частности, устанавливать требуемое напряжение во вторичной цепи при изменении подводимого напряжения (см. рис. *в*).

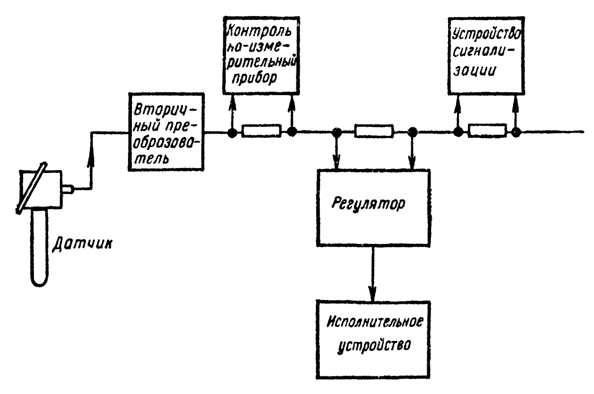
Автоэлектронная эмиссия (холодная эмиссия) — вырывание электронов из металла сильным электрическим полем. Благодаря А. э. при очень сильных ускоряющих полях ненакаленный проводник может испускать электроны, т. е. служить «холодным катодом». А. э. применяется в некоторых типах электронных приборов.

А. э. может иметь место и в приборах с термоэмиссионным катодом. Так, во многих генераторных электронных лампах при достижении тока насыщения дальнейшее повышение анодного напряжения вызывает некоторый рост анодного тока, обусловленный А. э. Это особенно сильно проявляется в лампах с оксидным катодом, где вследствие шероховатости его поверхности градиент потенциала у отдельных острий на катоде может быть весьма большим.

Агрегатный принцип построения автоматических систем — принцип построения сложных систем автоматического регулирования, контроля, сигнализации и других из типовых блоков, выполняющих определенные функции. Для уменьшения числа конструкций таких блоков все они должны иметь одинаковые (типовые) входные и выходные данные. Объединение и совместная работа в сложных автоматических системах устройств и блоков, использующих различные виды энергии (пневматическую, гидравлическую, электрическую), требуют применения унифицированных преобразователей сигналов различных типов (пневмоэлектрических, электромеханических, электрогидравлических и т. д.).

А. п. п. а. с. позволяет создавать весьма сложные гибкие схемы ком-

плексной автоматизации. Одним из примеров агрегатных систем являются унифицированные автоматические системы. Схема такой системы автоматического контроля и регулирования приведена на рис.



В унифицированных системах первичный преобразователь (датчик) подключается к вторичному преобразователю, преобразующему измеряемую (регулируемую) величину в стандартный сигнал независимо от вида измеряемой величины (давления, температуры, расхода и т. д). К вторичному преобразователю может быть подключено несколько стандартных блоков: регистрирующий прибор, регулятор, сигнальное устройство и др.

Адалин — адаптивный (т. е. приспосабливающийся) линейный *нейрон*, в котором входные сигналы проходят на суммирующее устройство через так называемые *синапсы*, а суммарный сигнал поступает на *пороговую схему*. Синаптические переходы А. выполняются в виде электрохимических аналоговых запоминающих элементов — *мемисторов*, что обусловливает гибкость управления входной частью нейрона, а следовательно, и гибкость его логических свойств. Одиночный адалин осуществляет разделение входных сигналов на два класса. Если такое *дихотомическое* разделение недостаточно, то используется набор адалинов — *мадалин*.

Адаптация зрения — приспособление зрения к различным уровням освещенности. А. з. способствует двойственный аппарат зрения: ночной и дневной, рефлекторные изменения диаметра зрачков и миграция (перемещение) клеток черного пигмента на поверхность сетчатки при большой освещенности.

Адаптер — то же, что *Звукосниматель*.

Адрес — номер *ячейки* накопителя *запоминающего устройства*, по которому производится выборка информации, хранимой по данному адресу. А. поступает на адресный *регистр* запоминающего устройства, расшифровывается одним или несколькими *дешифраторами*, после чего производится считывание. В больших цифровых вычислительных машинах регистры, входящие в схему устройства управления (например, индексные регистры), также имеют адреса, по которым производится засылка или извлечение нужной информации в процессе работы машины.

Адресность — одна из общих характеристик *цифровой вычислительной машины* с программным управлением; адресностью называется количество *адресов* в коде *команды*

рассматриваемой машины. Все вычислительные машины с программным управлением делятся на одноадресные, двухадресные, трехадресные, четырехадресные. В одноадресных машинах адрес одного *слова* заранее известен (обычно первое слово находится в *сумматоре арифметического устройства*), адрес же другого слова указан в адресной части команды. Двухадресные машины обладают бо́льшей гибкостью программирования, чем одноадресные, программы для них имеют значительно более короткую запись и, следовательно, занимают меньше *ячеек* в *запоминающем устройстве*. Многоадресные машины представляют еще более выгодные возможности для программистов.

Айзенберга антенна (антенна верхнего питания) — мачта — *антенна*, питаемая высокочастотным фидером сверху таким образом, чтобы у основания антенны получился *узел* напряжения (см. *Стоячие электромагнитные волны*). Это позволяет обойтись без изоляции основания мачты

Аквадаг — эмульсия графита в воде. Применяется для создания тонкого графитового слоя, покрывающего внутреннюю поверхность части баллона *электронно-лучевой трубки*, где этот слой играет роль экрана и ускоряющего электрода— *коллектора*.

Аккумулятор — вторичный *гальванический элемент*, в котором вещества, необходимые для создания электрического тока, образуются при заряде А., т. е. при пропускании электрического тока в направлении, обратном тому, в котором течет ток, создаваемый самим А. В этом последнем случае вещества, необходимые для создания тока, расходуются — происходит разряд А. Процессы заряда и разряда А. могут повторяться многократно. Наиболее распространенными являются два типа А.—свинцовые, электроды которого содержат свинец и его соли, а электролит — серную кислоту (поэтому их называют также кислотными), и железо-никелевые, с электродами, состоящими из железа и никеля, и с раствором щелочи в качестве электролита (поэтому их называют также щелочными).

Активированный катод — *катод*, у которого *термоэлектронная эмиссия* достигает требуемой величины при более низкой температуре, а следовательно, и при меньшем токе накала и меньшем расходе мощности, чем у обычного катода. Для увеличения термоэлектронной эмиссии на поверхность катода наносится активирующий слой (металлического тория, окислов щелочноземельных металлов и т. д.), который уменьшает *работу выхода электрона*.

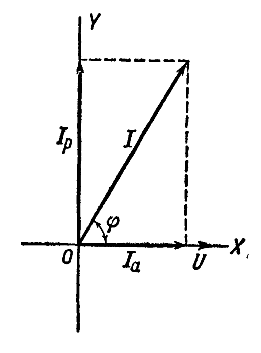
Активная область — совокупность рабочих режимов транзистора, отличающихся наличием *прямого напряжения* на эмиттерном *p—n* переходе и *обратного напряжения* на коллекторном *p—n* переходе. Работа транзистора в А. о. широко используется в усилительных каскадах. См. также *Статические характеристики транзистора*.

Активная радиолокация — *см. Вторичная радиолокация*.

Активная составляющая тока — составляющая переменного тока, обусловливающая потребление энергии в цепи. Когда цепь переменного тока обладает *реактивным сопротивлением*, ток в цепи сдвинут по фазе относительно напряжения на концах цепи. В этом случае ток может быть разложен на две составляющие — активную, совпадающую по фазе с напряжением на концах цепи, и реактивную, сдвинутую по фазе на угол $\pm\frac{\pi}{2}$ относительно напряжения (знак + или — зависит от характера реактивной нагрузки). *Мощность*, потребляемая в цепи, пропорциональна $\cos\varphi$, где φ — угол сдвига

фаз между током и напряжением. Для А. с. т. $\cos\varphi = 1$, для реактивной $\cos\varphi = 0$. Поэтому мощность, потребляемая в цепи, определяется только величиной А. с. т.

Для нахождения полного тока в цепи можно воспользоваться методом *векторных диаграмм*. Когда цепь обладает как активным, так и реактивным сопротивлениями, в цепи существует как активная, так и реактивная составляющие тока. Активная составляющая тока с амплитудой $I_а$ совпадает по фазе с напряжением в цепи и, следовательно, если фазу напряжения



принять за нулевую, то активная составляющая тока изобразится вектором, совпадающим по направлению с OX (см. рис.). Реактивная составляющая с амплитудой $I_р$ сдвинута по фазе относительно напряжения на четверть периода, т. е. на угол 90°, например, опережает напряжение по фазе (реактивное сопротивление в цепи носит емкостный характер). Принято считать, что векторы вращаются против часовой стрелки, и поэтому реактивная составляющая изобразится вектором, направленным по OY, а результирующий (полный) ток в цепи изобразится диагональю параллелограмма (прямоугольника), построенного на векторах $I_а$ и $I_р$, т. е. вектором I. Из этой диаграммы, в частности, видно, что $I = \sqrt{I_а^2 + I_р^2}$. Из нее же может быть определен и угол φ сдвига фаз между полным током и напряжением в цепи.

Активная строка — часть строчной *развертки*, соответствующая *рабочему ходу*. А. с по стандарту телевизионного вещания занимает несколько более 80% периода строчной развертки.

Активное сопротивление — сопротивление цепи электрическому току, вызывающее в ней необратимый расход энергии. Для поддержания тока в цепи, обладающей А. с., должна затрачиваться *работа электрических сил*. Эта работа частично превращается в тепло в самом проводнике.

Однако, помимо сопротивления материала проводника электрическому току, А. с. цепи может быть обусловлено и различными иными потерями цепи, например потерями на утечки в изоляции, *диэлектрическими потерями* в конденсаторах или изоляторах, потерями на *магнитный гистерезис* при перемагничивании стали или других ферромагнитных материалов, потерями на *вихревые токи*, потерями на *электромагнитное излучение* и т. д. (В соответствующих случаях также происходит выделение тепла в диэлектрике, ферромагнетике, массивном проводнике и т. д.). Кроме потерь в виде утечек в изоляции, все остальные перечисленные потери имеют место только в случае переменных токов. Поэтому А. с. цепи для переменного тока оказывается больше, чем для постоянного.

Помимо того, А. с. проводника для переменного тока зависит от его частоты вследствие *поверхностного эффекта*. Чем выше частота тока, тем меньше та глубина, на которую проникает ток внутрь проводника, тем меньше действующее сечение проводника и тем больше его сопротивление. В результате этого для переменного тока высокой частоты А. с. проводника может быть значитель-

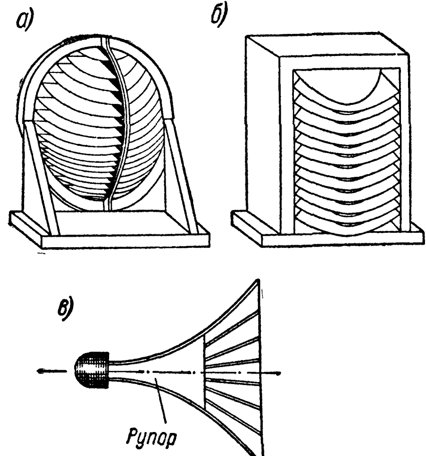
но больше, чем для постоянного тока.

Активные помехи — радиопомехи, создаваемые излучателями электромагнитной энергии радиотехнического диапазона. А. п. бывают естественными и искусственными. Они могут явиться результатом атмосферной деятельности (атмосферные помехи), работы тех или иных электрических установок (промышленные А. п.), радиопередатчиков, прием которых не входит в функции данного приемного устройства; А. п. могут быть также обусловлены космическим радиоизлучением. В военном деле широко используются специальные передатчики помех для нарушения нормальной работы радиостанций связи или радиолокационных станций противника.

Активный диполь — *передающий* или *приемный диполь*, соединенный с передатчиком или приемником. Называется так в отличие от *пассивного диполя*.

Акустика — наука о звуке. А. разделяется на ряд областей, изучающих: физиологическая — свойства и органы слуха; архитектурная — законы распространения звука в помещениях, влияние помещений на характер звучания, способы звукоизоляции помещений и т. д.; музыкальная — музыкальные инструменты; гидроакустика — излучение и распространение звука в жидкостях, главным образом в воде; атмосферная — распространение звука в свободной атмосфере; электроакустика — преобразование звуковых колебаний в электрические и обратно. Многие области А., особенно электроакустика, соприкасаются с радиотехникой.

Акустическая линза — система перегородок, предназначенная для фокусировки или рассеяния звуковых волн. В собирающих (фокусирующих) А. л. длина пути между перегородками уменьшается на краях линзы (см. рис. *а*), в рассеивающих А. л. (см. рис. *б*) она увеличивается от края к середине. При прохождении между перегородками звуковая волна запаздывает по фазе тем больше, чем больше длина пути между перегородками. Если, например, до прохождения через А. л. звуковая волна имела плоский фронт, т. е. поверхности равных фаз были плоскими, то при прохождении через А. л.



поверхности равных фаз искривляются, образуя сходящуюся или расходящуюся звуковую волну (в зависимости от вида примененной А. л.).

Простейшие рассеивающие А. л., состоящие из косо поставленных перегородок (см. рис. *в*), часто устанавливаются перед рупорными громкоговорителями для равномерного рассеяния излучаемой звуковой энергии, расширяя полярную характеристику излучателя в достаточно большом диапазоне частот.

Акустические измерения — измерения величин, характеризующих звуковые колебания и волны, работу электроакустических аппаратов, акустические свойства источников и приемников звука (в

том числе голосового и слухового аппаратов человека), различных материалов и конструкций. Основными разделами современной технической акустики являются *электроакустика*, архитектурная акустика, гидроакустика, музыкальная акустика, врачебная акустика. В каждом из этих разделов применяются разнообразная измерительная аппаратура и методы А и.

Во многих случаях встречается необходимость измерения *звукового давления* в тех или иных точках различных *звуковых полей*. Чаще всего эти измерения производятся с помощью малогабаритного измерительного *микрофона*, чувствительность которого заранее определена. Выход микрофона через усилитель соединяется с электрическим измерительным прибором (например, вольтметром).

Измерение звукового давления в поле бегущей волны обычно производится или в так называемой звукомерной камере, представляющей собой звукоизолированное помещение, поверхности которого покрыты материалом, поглощающим звуковую энергию, или в условиях открытого пространства при отсутствии отраженных звуковых волн. Применяются также звукопроводы в виде длинной трубы; на одном ее конце расположен источник звука, а на другом — материал, акустическое сопротивление которого равно волновому сопротивлению трубы. Измерительное устройство, размеры которого должны быть малы по сравнению с поперечником трубы, помещается посередине трубы.

Измерение в поле стоячей волны в большинстве случаев осуществляется с помощью трубы, аналогичной предыдущей, но один конец ее наглухо закрыт хорошо отражающим звук материалом, и здесь образуется пучность звукового давления. Измерительное устройство помещается в ближайшей от закрытого конца трубы пучности давления.

Диффузным называется поле, в каждой точке которого все направления распространения звуковых волн равновероятны, причем волны, приходящие из разных направлений, одинаковы по амплитуде и случайны по фазе. Практически это условие соблюдается в помещении, на поверхности которого размещены звукорассеивающие конструкции с большим коэффициентом отражения. Источник звука и измерительное устройство располагаются в этом помещении.

Звуковое поле обычного помещения характеризуется сложной системой отраженных стоячих волн, существенно зависящей от частоты звуковых колебаний. В этих условиях измерение звукового давления производится путем использования *воющего тона*, генератора шума или импульсным методом. В последнем случае длительность звукового импульса выбирается с таким расчетом, чтобы за время его подачи ни одна отраженная волна не смогла достичь измерительного устройства. Кроме того, корреляционный метод применяется для измерения звукового давления в помещениях (см. *Корреляция*).

Измерение звукового давления в малых объемах (размеры которых малы по сравнению с длиной звуковой волны) чаще всего осуществляется с помощью *акустического зонда*.

Во всех упомянутых случаях измерительное устройство обычно содержит малогабаритный преобразователь звукового давления в электрическое напряжение (микрофон), причем измеряется напряжение на выходе микрофона. При распространении звуковой волны в одном направлении в качестве измерительного устройства применяется также *звукомерный диск*.

(См. *Искусственное ухо*, *Коррелометр*, *Реверберометр*, *Шумомер*,

Псофометрическое напряжение, Разборчивость речи).

Акустические помехи — различные посторонние звуки, слышимые при приеме полезного звукового сигнала. *Разборчивость* передаваемой речи при наличии А. п. в значительной мере зависит от отношения *уровня* А. п. к уровню полезного сигнала, а также от спектрального состава А. п. и полезного сигнала. При *электроакустической* передаче сигналов (например, в телефонии, радио- и проводном *вещании*) А. п. являются результатом преобразования звуковоспроизводящей системой тех или иных паразитных электрических колебаний в звуковые (см. *Псофометрическое напряжение*). В большинстве случаев А. п. носят шумовой характер. Мешающее действие А. п. практически не сказывается, если уровень помехи на 60 *дб* ниже уровня полезного сигнала.

Акустический зонд — устройство для измерения звукового давления. А. з. содержит тонкую и достаточно длинную трубку, по которой измеряемое звуковое давление поступает на микрофон. Электрическое напряжение, развиваемое на выходе микрофона, после усиления измеряется вольтметром. Учитывая *акустическое сопротивление* трубки, чувствительность микрофона и коэффициент усиления усилителя, показания вольтметра можно пересчитывать в величину звукового давления, действующего на открытый конец трубки. Это делается с помощью градуировочной кривой А. з , выражающей зависимость чувствительности всей системы зонда (в *мв/бар*) от частоты звуковых колебаний.

Поперечное сечение трубки А. з. весьма мало (по сравнению с длиной звуковой волны). Поэтому звуковое давление, действующее на открытый конец трубки, практически не отличается от звукового давления в свободном поле. Иначе говоря, с помощью А. з. можно измерить звуковое давление, не искажая формы поля. Кроме того, применяя А. з , можно измерить звуковое давление в малом объеме, вводя в этот объем конец трубки зонда (например, в полость уха).

Акустический шум — звуковой сигнал с неопределенной высотой тона. Чаще всего А. ш. представляет собой непериодическое колебание и имеет сплошной *спектр* При *электроакустической передаче* звука А. ш. обычно является *акустической помехой*, мешающей восприятию передаваемого сигнала.

Акустическое сопротивление—см. *Метод электромеханических аналогий.*

Акцептор — вещество, введение которого в данный полупроводниковый материал придает последнему дырочный характер проводимости. См *Полупроводники.*

Алгебра логики — раздел математической, или формальной, логики, в котором исследуются высказывания и соотношения между ними. В двузначной А. л. все высказывания разделяются на два класса — класс истинных и класс ложных высказываний. Сложные высказывания составляются из простых высказываний при помощи логических связок «не», «и», «или», «или.. или», «если ... то», «равнозначно», «неравнозначно». Истинность или ложность сложного высказывания является функцией истинности или ложности простых высказываний, входящих в его состав.

Поскольку простое высказывание с точки зрения истинности или ложности может быть охарактеризовано двумя числами 0 и 1, то сложное высказывание является *логической функцией* независимых переменных, каждая из которых может принимать только два значения. Аппарат исчисления высказываний, таким образом, можно формализовать и разработать пра-

вила действий над логическими переменными, благодаря чему сложные высказывания могут анализироваться и преобразовываться чисто алгебраическими методами.

Впервые А. л. была разработана в трудах английского математика Дж. Буля в середине прошлого столетия. Так как подавляющее большинство схем автоматики и вычислительной техники строится на элементах, имеющих два состояния, то очень скоро аппарат А. л. был использован для синтеза и анализа сложных релейных устройств в телефонии и технике телеуправления, а вслед затем — при разработке *арифметических устройств* и блоков управления ЦВМ.

Основными операциями в А. л. являются отрицание (инверсия), *дизъюнкция* и *конъюнкция*. Все сколь угодно сложные логические функции могут быть выражены через эти три операции. Более того, можно показать, что достаточно дизъюнкции и отрицания или конъюнкции и отрицания для того, чтобы выразить через них любые логические функции. Однако с помощью только конъюнкции и дизъюнкции нельзя выразить отрицания.

Как в обычной алгебре, операции дизъюнкции и конъюнкции обладают свойствами коммутативности и ассоциативности. Закон дистрибутивности справедлив как для конъюнкции, так и для дизъюнкции (конъюнкция обозначается как умножение в обычной алгебре, а дизъюнкция — знаком $\vee$):

$$(x \vee y) z = xz \vee yz,$$
$$xy \vee z = (x \vee z)(y \vee z).$$

Здесь, как видно, имеется отличие от аналогичных законов для операций сложения и умножения обычной алгебры. При алгебраических преобразованиях формул А. л. полезно применять ряд соотношений. Ниже перечислены наиболее часто используемые:

$$xx = x; \qquad x\bar{x} = 0;$$
$$x \vee x = x; \qquad x \vee \bar{x} = 1;$$
$$x \cdot 0 = 0; \qquad \bar{\bar{x}} = x;$$
$$x \cdot 1 = x; \qquad \overline{xy} = \bar{x} \vee \bar{y};$$
$$x \vee 0 = x; \qquad \overline{x \vee y} = \bar{x}\bar{y};$$
$$x \vee 1 = 1; \qquad x \vee xy = x.$$

(Отрицание, или инверсия, обозначается чертой сверху.)

Как явствует из изложенного, между операциями конъюнкции и дизъюнкции А. л. и операциями сложения и умножения элементарной алгебры можно установить ряд аналогий. Однако необходимо учесть, что в А. л. нет обратных операций, т. е. операций, аналогичных вычитанию и делению. Поэтому при преобразованиях уравнений А. л. нельзя переносить члены с одной стороны от знака равенства на другую и нельзя «сокращать» левую и правую части на общий «множитель».

Алгол — международный *алгоритмический язык*, предложенный в 1960 г. группой западноевропейских и американских ученых. А. представляет собой набор ста с небольшим символов, составленных из математических знаков и слов английского языка, которые позволяют записывать процесс вычислений в виде, доступном для понимания любому человеку, изучившему этот язык (т. е. сами символы и правила их сочетания между собой).

А. разработан в трех идентичных формах: основной, аппаратурной и в форме для публикаций. Аппаратурная форма используется для ввода программы, записанной на языке А., в машину; третья форма нужна для размножения составленных на этом языке программ типографским способом или на пишущей машинке.

Алгоритм — одно из основных понятий *логики*, математики и *кибернетики*, означающее точное предписание, правило, в соответ-

ствии с которым должна выполняться вся последовательность элементарных операций, переводящих исходные данные в искомый результат. Если существует правило решения задачи, то, представив его в определенной форме, можно говорить о том, что задан А. Говорят об А. решения арифметической задачи, об А. перевода с одного языка на другой язык, об А. управления процессом и т. д.

Из теории А. следует, что каждый А. обладает следующими свойствами: 1) определенности, под которой понимается точность и общепонятность, не оставляющая места для произвольного толкования; 2) массовости, что означает возможность применения А. для решения ряда задач одного класса, но с разными исходными данными; 3) результативности, т. е. возможности решения задачи за конечное число операций (шагов) и однозначности этого решения. Существенными чертами А. являются структурность и дискретность. Это значит, что алгоритм как процесс распадается на некоторое конечное множество выполняемых отдельно операций, связанных между собой определенным образом.

Алгоритмический язык — символический язык для описания вычислительных процессов (алгоритмов). Любой *машинный язык* является в этом смысле А. я., так как посредством машинного языка записываются программы решения задач на данной машине. Однако под А. я. обычно подразумевается язык, позволяющий записывать алгоритмы безотносительно к особенностям той или иной машины. А. я. представляет собой набор средств (символов, знаков, правил), позволяющих полностью описать вычислительный процесс. Чтобы написать программу задачи для конкретной машины, необходимо в памяти этой машины хранить программу перевода с А. я. на язык данной машины. У нас и за рубежом было разработано несколько А. я. Один из них, *алгол*, рекомендован в качестве международного А. я.

Алгорифм — см. *Алгоритм.*

Алюминированный экран (ТВ)— 1) экран кинескопа, электронно-оптического преобразователя, покрытый со стороны электронного потока тонкой алюминиевой пленкой (зеркалом) толщиной в несколько микрон. Такая пленка пропускает быстрые электроны пучка, но непрозрачна для света. При этом повышается яркость изображения (свет отражается от алюминиевого зеркала), задерживаются отрицательные ионы, разрушающие люминофор (не возникает «ионное пятно»), повышается контрастность изображения (свет от экрана не попадает на другие места экрана), потенциал люминофора становится равномерным и близким к высокому напряжению на аноде (коллекторе) трубки.

2) Внешний экран в *проекционных телевизорах*, покрытый алюминиевой краской для увеличения рассеяния света в сторону зрителей.

Амбиофоническая система звуковоспроизведения — система, позволяющая оперативно управлять *звуковым полем* большого зала, создавая у слушателей оптимальные условия слухового восприятия исполняемой программы. А. с. з. позволяет, в зависимости от особенностей исполняемого произведения, изменять временно́й и частотный характер *реверберации*, обеспечивать хорошую слышимость на всех местах расположения слушателей с сохранением *стереоэффекта* и является наиболее совершенной системой *звукоусиления.* А. с. з. содержит сотни *громкоговорителей, ревербераторы*, системы временно́й задержки звуковых сигналов, излучаемых определенными группами громкоговорителей, и корректирующие устройства, изменяющие частотные свойства излучаемых звуковых сигналов.

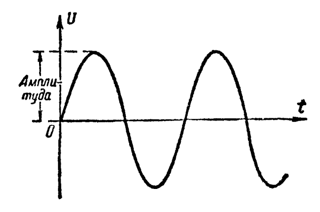
Ампер-витки — произведение тока I в амперах, текущего по катушке, на число n витков катушки. Этому произведению nI пропорциональна напряженность *магнитного поля тока*, создаваемого током в катушке. Если длина катушки l во много раз больше ее диаметра, то напряженность магнитного поля внутри катушки

$$H = \frac{nI}{l} = n_1 I,$$

где n_1 — число витков, приходящихся на единицу длины катушки, т. е. число *а·в* на метр (*а·в/м*).

Амплидин — см. *Электромашинные усилители.*

Амплитрон — *платинотрон*, предназначенный для усиления в диапазоне сантиметровых или миллиметровых волн.



Амплитуда — наибольшее отклонение от нулевого значения какой-либо величины, колеблющейся по гармоническому (синусоидальному или косинусоидальному) закону (см. рис.), например наибольшее значение величины переменного тока. Хотя, строго говоря, термин А. относится только к гармоническим колебаниям, но его часто применяют в том же смысле и к колебаниям, отличающимся по форме от гармонических.

Амплитудная модуляция — *тип модуляции*, при котором воздействие на колебания приводит к изменениям их амплитуды. В результате модуляции гармоническое колебание превращается в негармоническое (подробнее см. *Модулированные колебания*). Пределы изменения амплитуды колебаний при А. м. характеризуются *глубиной модуляции*. А. м. является наиболее распространенным типом модуляции, применяемой для передачи сигналов.

Амплитудная отметка цели — в радиолокационном *индикаторном устройстве* отметка обнаруженной цели на экране индикаторной электронно-лучевой трубки, дающая возможность судить о координатах цели и представляющая собой выброс электронного луча в сторону от линии *развертки*.

Для случая индикатора с линейной разверткой А. о. ц. на экране трубки имеет вид, показанный на

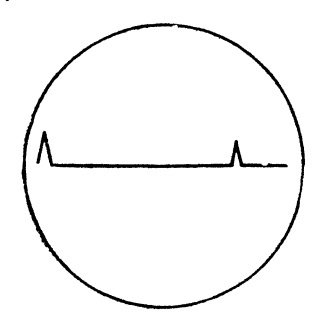


рис. Для получения А. о ц. отраженный сигнал, принятый от цели, с выхода радиоприемника поступает на отклоняющие электроды трубки. А. о. ц. имеет перед *яркостной отметкой цели* то преимущество, что позволяет в некоторой степени судить о характере обнаруженной цели. Так, по величине выброса можно судить о величине цели (например, различать отметки от авианосца и от катера); отметка от воздушной цели постоянно изменяется по величине, в зависимости от того, под каким углом к отражающим поверхностям самолета падает радиоволна; отметка от групповой цели (группы самолетов) может иметь несколько заметных вершин и т. п. При яркостной

отметке заметить подобные различия практически невозможно.

Амплитудная характеристика — график, выражающий зависимость амплитуды колебаний на выходе того или иного прибора от амплитуды колебаний на его входе. Например, А. х. усилителя изображает зависимость амплитуды напряжения на выходе усилителя от напряжения, подводимого к входу усилителя. Для того чтобы какое-либо устройство воспроизводило все подводимые к нему колебания без искажения их формы, амплитуда колебаний на выходе устройства должна быть прямо пропорциональна амплитуде колебаний на входе, а значит, А. х. устройства должна представлять собой прямую линию. Нелинейность А. х. является причиной *нелинейных искажений*.

Амплитудно-импульсная модуляция — см. *Импульсная модуляция*.

Амплитудно-фазовая характеристика — установившаяся реакция линейной системы на установившиеся гармонические входные сигналы. А. х. получается из *передаточной функции* системы в результате замены оператора p на $j\omega$. При непрерывном изменении частоты ω А. х. представляет собой некоторую кривую, которая называется годографом.

Обозначим А. х. через $K(j\omega)$ и в комплексной функции выделим модуль и аргумент:

$$K(j\omega) = A(\omega)\, e^{j\varphi(\omega)} = P(\omega) + jQ(\omega);$$

здесь модуль $A(\omega)$ — *амплитудно-частотная характеристика*; фаза $\varphi(\omega)$ — фазо-частотная характеристика; $P(\omega)$ — вещественная частотная характеристика; $Q(\omega)$ — мнимая частотная характеристика;

$$A(\omega) = \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)};$$

$$\varphi(\omega) = \operatorname{arc\,tg} \frac{Q(\omega)}{P(\omega)}.$$

Частотные характеристики автоматических систем могут быть найдены экспериментально при помощи специальной аппаратуры.

Амплитудно-частотная характеристика — зависимость амплитуды сигнала на выходе данного устройства от частоты передаваемого сигнала при постоянной амплитуде синусоидального сигнала на входе этого устройства. А. х. может быть определена аналитически (путем вычисления) или экспериментально. Если данное устройство предназначено для передачи (или усиления) электрических сигналов, то А. х. определяется по зависимости *коэффициента передачи* (или коэффициента усиления) от частоты. Если данное устройство является преобразователем одного вида энергии в другой (например, *громкоговорителем* или *микрофоном*), то А. х. определяется по зависимости *чувствительности* или к. п. д. от частоты.

Коэффициент передачи, чувствительность и к. п. д. часто выражают в децибелах (или неперах). А. х. можно, для наглядности, построить графически, причем по оси ординат откладываются децибелы, а по оси абсцисс — частоты Независимость указанных величин от частоты, графически выражаемая прямой линией, параллельной оси абсцисс, соответствует отсутствию *частотных искажений* при работе данного устройства.

Амплитудные искажения — искажения формы колебаний, заключающиеся в том, что соотношение между различными по величине амплитудами колебаний при передаче их через какое-либо устройство нарушается этим устройством. А. и. часто возникают в усилителях низкой частоты вследствие того, что в них с увеличением амплитуды усиливаемых колебаний величина усиления уменьшается. А. и. представляют собой один из случаев *нелинейных искажений*.

Анализатор гармоник (анализатор спектра) — прибор для исследования *спектра* какого-либо коле-

бания. Принцип действия А. г. состоит в выделении (с помощью узкополосных фильтров) *гармонических колебаний* различных частот, на которые может быть разложено данное колебание. При этом обычно А. г. дает сразу (чаще всего на экране электронно-лучевой трубки) амплитуды всех гармонических колебаний, входящих в состав исследуемого колебания. А. г. применяются для исследования спектрального состава различных звуков, изучения характера *нелинейных искажений* и т. д.

Анализатор звука — прибор, позволяющий исследовать *спектр звука*, т. е. определять амплитуды гармонических составляющих сложного *звукового колебания* на разных частотах (или в разных диапазонах частот). Исследуемое звуковое колебание преобразуется с помощью *микрофона* в электрическое и подается на систему параллельно включенных *полосовых фильтров*. Напряжение на выходе каждого фильтра (пропорциональное звуковому давлению в диапазоне полосы пропускания фильтра) одновременно или поочередно фиксируется прибором, позволяющим визуально наблюдать или измерять величины этих напряжений. Сведения о спектральном составе звукового колебания необходимы, например, при проектировании систем связи или шумоподавления.

Аналоговые вычислительные машины — вычислительные машины непрерывного действия (в отличие от вычислительных машин дискретного действия, или цифровых). А. в. м. состоят из некоторого количества блоков, соединяемых между собой таким образом, что в совокупности они представляют физическую аналогию для рассматриваемой задачи.

Различают два вида А. в. м.: 1) машины прямого моделирования и 2) машины косвенного моделирования. К первым относятся, например, модели для решения уравнений в частных производных (электролитические ванны, полупроводящая бумага); ко вторым относятся машины, в которых требуемые модели составляются из ряда стандартных блоков, входящих в комплект А. в. м. Набор задачи производится по структурной схеме решения, в которой исходная математическая зависимость представлена в виде, удобном для подбора требуемых блоков и коммутации их между собой. Наибольшее распространение получили электронные А. в. м. В них входные величины задаются в виде напряжений, а результат решения либо выводится на самописец, либо на электронно-лучевую трубку с большим послесвечением (в последнем случае А. в. м. должна работать в режиме периодического повторения решения).

В состав электронных А. в. м. входят линейные блоки, нелинейные блоки и блоки для выполнения различных коммутаций, необходимых при имитации разрывов, скачков или других нерегулярностей функций. Линейные блоки осуществляют инвертирование (перемену знака), умножение на константу, суммирование, интегрирование и дифференцирование. Нелинейные блоки служат для генерирования различных нелинейных функций от одной и двух переменных. Обычно нелинейные блоки, выполняющие умножение и деление, выделяются как автономные специализированные блоки, которые называются *множительными* или *делительными устройствами*.

Программирование решения задач для А. в. м. значительно проще, чем для электронных цифровых вычислительных машин. А. в. м. широко используются для исследования динамики систем автоматического регулирования, для расчета переходных и установившихся процессов в сложных энергосистемах, для моделирования некоторых физических процессов в ядерных реак-

торах, в авиационных тренажерах — для имитации процессов управления самолетом и во многих других областях.

Преимущества А. в. м. перед цифровыми машинами состоят в легкости программирования задачи, быстроте решения, максимальном приближении к природе исследуемых процессов. Недостатки — меньшая универсальность и малая точность.

Аналого-цифровые преобразователи — устройства, осуществляющие преобразование непрерывно изменяющихся величин в коды. Хотя преобразованию могут подвергаться самые разнообразные непрерывные величины (например, скорость, ускорение, давление, напряжение, ток, объем, механическое перемещение и т. п.), но все они обычно предварительно преобразовываются в одну из трех форм: 1) во временно́й интервал; 2) в механическое — линейное или угловое — перемещение; 3) в напряжение. А. п. работают либо на принципе суммирования импульсов, либо на принципе измерения преобразуемой непрерывной величины.

Преобразование временно́го интервала в код осуществляется путем подсчета числа импульсов фиксированной частоты, укладывающихся в этот интервал. Для повышения точности преобразования необходимо увеличивать частоту импульсов заполнения. В случае, когда увеличение частоты по каким-нибудь причинам невозможно, применяется метод нониуса. Преобразование частоты в цифровой код производится путем подсчета числа периодов синусоидального колебания или количества импульсов, помещающихся в заданном промежутке времени.

Преобразование механического перемещения в код удобнее всего производится для угловых перемещений. Поэтому, как правило, линейные перемещения сначала преобразуются в угол поворота вала, а затем угловое перемещение вала преобразуется в код. Наиболее простой способ заключается в подсчете числа импульсов, соответствующих числу секторов точно разделенного диска, посаженного на вал. На каждом секторе диска имеется щель или отверстие, через которые свет от лампы попадает на светочувствительный элемент (например, фотодиод или фотосопротивление). Преобразователь такого типа должен различать направление поворота вала.

Точность указанного метода невысока, поэтому разработаны более сложные датчики и связанные с ними электронные схемы, которые обеспечивают преобразование углового положения путем накапливания импульсов отсчета в счетчике. Наиболее распространенным методом преобразования углового перемещения в код является метод кодовых дисков или барабанов. Кодовые диски и барабаны, размещаемые на валу, связаны со считывающими элементами либо контактным, либо бесконтактным способом. Количество кодовых барабанов или концентрических зон на диске равно числу двоичных разрядов кода. На выходе преобразователя этого типа получается параллельный код. Каждый барабан или зона на диске разделены на секторы, число которых равно весу двоичного разряда, отвечающего данному барабану или данной зоне. Неоднозначности считывания, возникающие в преобразователях этого типа, устраняются благодаря особому расположению считывающих элементов или за счет применения специальных двоичных кодов (*код Баркера*, *код Грея*).

Преобразование напряжения в код чаще всего производится путем промежуточного преобразования напряжения во временно́й интервал. Преобразуемое напряжение сравнивается с *линейно изменяющимся напряжением*. В момент

совпадения величины этого напряжения с преобразуемым схема сравнения выдает импульс, который запрещает прохождение тактовых импульсов на вход счетчика.

Другой метод преобразования напряжения в код заключается в промежуточном преобразовании напряжения в угловое положение вала. Находят применение преобразователи на электронно-лучевых трубках. В них преобразуемое напряжение отклоняет электронный луч. На экране трубки располагается кодовая маска, которая может находиться внутри или снаружи колбы. Чувствительные элементы, связанные с кодовой маской, выдают сигналы в зависимости от положения луча на экране трубки. В большом числе преобразователей напряжения в код используются разнообразные схемные способы, например способ сравнения и вычитания и др.

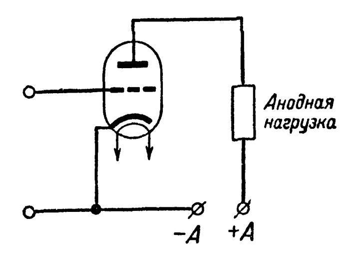
Анизотропная среда — среда, свойства которой в различных направлениях различны, например среда, которая для разных направлений электрического поля имеет разную *диэлектрическую проницаемость*. Вследствие этого и скорость распространения электромагнитных волн в подобной среде для различных направлений электрического поля волны оказывается различной. Так как направление электрического поля в электромагнитной волне перпендикулярно к направлению распространения волны, а скорость ее распространения зависит от диэлектрической проницаемости среды в направлении электрического поля, то скорость распространения в одном и том же направлении для разных волн может быть различной. Например, две плоскополяризованные *электромагнитные волны*, электрические векторы которых ориентированы по-разному, в А. с. распространяются в одном и том же направлении, вообще говоря, с различной скоростью. Различные свойства среды в разных направлениях либо определяются строением самой среды (например, анизотропия кристаллов), либо вызваны внешним воздействием — деформацией, действием электрического или магнитного поля и т. д. (искусственная анизотропия).

Анод — вообще электрод, находящийся под положительным потенциалом. Поэтому А. называется тот из электродов электронных или ионных приборов, к которому приложено положительное (по отношению к катоду) напряжение, ускоряющее испускаемые катодом электроны. А. *электронной лампы* обычно выполняется в виде пластинок или цилиндра, охватывающих катод и расположенные ближе к нему другие электроды лампы.

Анод пусковой — добавочный электрод, применяемый в некоторых ионных приборах для «зажигания» электрического разряда, т. е. создания начальной ионизации.

Анодная модуляция — *амплитудная модуляция*, осуществляемая путем подачи модулирующего напряжения на анод генераторной лампы. Вследствие сложения модулирующего напряжения с постоянным напряжением результирующее анодное напряжение генераторной лампы изменяется в соответствии с изменениями модулирующего напряжения, что вызывает изменения амплитуды модулируемых колебаний. Чтобы амплитуда модулируемого колебания упала до нуля, т. е. чтобы *глубина модуляции* достигала 100%, величина результирующего напряжения на аноде генераторной лампы должна также уменьшаться до нуля, а для этого амплитуда модулирующего напряжения должна быть равна постоянному напряжению на аноде генераторной лампы. При меньших амплитудах модулирующего напряжения глубина модуляции будет соответственно меньше 100%.

Анодная нагрузка — активное или реактивное сопротивление (или их комбинация), включенное в анодную цепь электронной лампы (см. рис.). При прохождении анодного тока через сопротивление А. н. на нем возникает падение напряжения, величина которого зависит



от сопротивления нагрузки и величины тока. Если под влиянием переменного напряжения на сетке величина анодного тока изменяется в широких пределах, то и на сопротивлении А. н. возникает переменное напряжение, которое может быть значительно больше напряжения, подводимого к сетке лампы. Таким образом, сопротивление А. н. служит для выделения в анодной цепи усиленного лампой напряжения.

Анодная реакция — влияние *сопротивления анодной нагрузки* на величину анодного тока электронной лампы.

Анодный ток в электронной лампе зависит от напряжений как на сетке, так и на аноде лампы. Если в анодную цепь лампы включено сопротивление, равное $R_а$, то анодный ток $I_а$ вызывает на нем падение напряжения $R_аI_а$. Напряжение на аноде лампы равно $U_а = E_а - R_аI_а$ (если падением напряжения внутри питающего анодную цепь источника э. д. с. $E_а$ можно пренебречь). Поскольку при изменении напряжения на сетке изменяется анодный ток, то изменяется и падение напряжения в анодной нагрузке $R_аI_а$, а вместе с тем напряжение на аноде лампы, что вызывает изменение величины анодного тока.

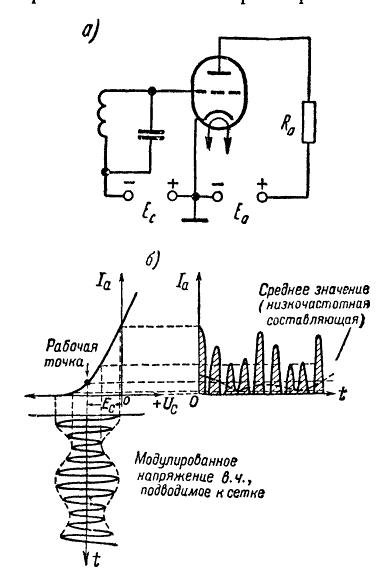
Если анодная нагрузка представляет собой активное сопротивление, то анодный ток и падение напряжения в анодной нагрузке совпадают по фазе и при увеличении анодного тока напряжение на аноде соответственно снижается, вследствие чего прирост анодного тока оказывается меньше, чем при $R_а = 0$. Таким образом, А. р. приводит к тому, что *динамические характеристики* лампы имеют меньшую крутизну, чем статическая. В случае реактивного сопротивления анодной нагрузки фаза напряжения на ней сдвинута по отношению к фазе анодного тока, и поэтому А. р., помимо изменения крутизны динамической характеристики, вызывает сдвиг фазы анодного тока по отношению к фазе напряжения на сетке.

Анодная цепь — см. *Цепь анода.*

Анодное детектирование — *детектирование* колебаний в цепи анода электронной лампы. А. д. возникает в тех случаях, когда рабочий участок *сеточной характеристики* анодного тока электронной лампы оказывается несимметричным по отношению к *рабочей точке*, т. е. когда рабочая точка смещена в сторону нижнего или верхнего изгиба характеристики. Применяется практически только первый случай, так как при этом лампа работает в более выгодном режиме, чем у верхнего изгиба (меньше средний анодный ток, а значит, меньше разогрев анода и расход энергии источника анодного питания).

Для смещения рабочей точки к нижнему изгибу характеристики на сетку лампы подается достаточно большое отрицательное напряжение смещения — $E_с$ (см. рис. *а*). Когда — $E_с$ близко к напряжению, при котором анодный ток падает до нуля, т. е. — $E_с$ почти «запирает» лампу, то А. д. представляет собой почти в чистом виде выпрямление

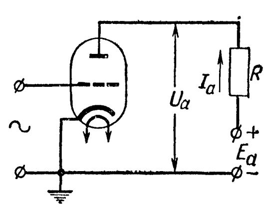
(см. рис. *б*): в анодной цепи получаются импульсы тока (изображены вправо вдоль горизонтальной оси времени), соответствующие только положительным полуволнам напряжения на сетке (изображены внизу вдоль вертикальной оси времени). Детектирование у верхнего изгиба характеристики



возникает иногда в лампе как паразитное явление (при больших амплитудах напряжений на сетке).

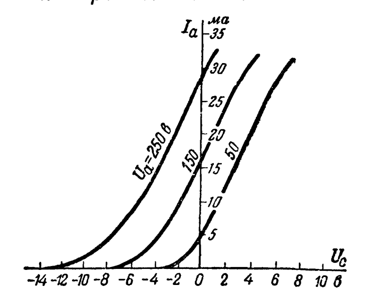
А. д. происходит эффективно только при условии, что к сетке лампы подводится достаточно большое напряжение (порядка нескольких вольт), т. е. лампа в режиме А. д. является сравнительно малочувствительным детектором. Гораздо более чувствительным детектором лампа является в режиме *сеточного детектирования*, которое поэтому и применяется обычно для детектирования слабых сигналов.

Анодное напряжение — напряжение на аноде электронной лампы или какого-либо другого электронного или ионного прибора. А. н. следует отличать от напряжения источника, включенного в анодную цепь (выпрямителя или анодной батареи). Напряжение источника больше А. н. на величину падения напряжения на *сопротивлении анодной нагрузки*, возникающего при протекании через нагрузку анодного тока. Поэтому, когда анодная



цепь лампы питается постоянным напряжением, то А. н. оказывается переменным, если под действием переменного напряжения на сетке лампы анодный ток изменяется. Когда говорят о постоянном А. н., то имеют в виду значение напряжения на аноде при некотором определенном режиме лампы (или другого прибора), которому соответствует определенное постоянное напряжение на аноде.

Анодно-сеточные характеристики — см. *Сеточные характеристики электронной лампы.*



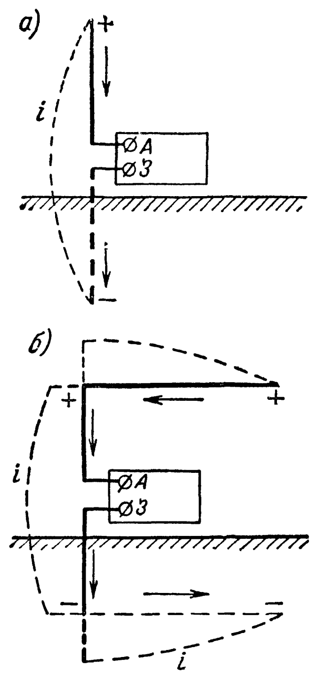
Анодный контур — колебательный контур, включенный в цепь анода и служащий *анодной нагрузкой* электронной лампы.

Анодный ток — ток, текущий в *цепи анода* электронной лампы.

Внутри лампы этот ток представляет собой поток электронов, летящих от катода к аноду, вне лампы — это ток, текущий через внешние участки анодной цепи. Так как направлением тока условлено считать направление движения положительных зарядов (т. е. направление, противоположное движению отрицательных зарядов), то значит, внутри лампы А. т. направлен от анода к катоду (навстречу движению отрицательно заряженных электронов) и соответственно во внешней цепи — от катода к аноду.

Антенна — устройство, служащее для излучения радиоволн (*передающая антенна*) и для приема радиоволн (*приемная антенна*). Впервые термин А. упоминается в письме французского физика Блонделя к А. С. Попову в связи с изобретением последним А. Как следует из *принципа взаимности*, всякая А. обладает одинаковыми свойствами, независимо от того, излучает ли она радиоволны (передающая А.) или принимает их (приемная А.). Поэтому основные характеристики А., например ее *диаграмма направленности*, *действующая длина*, *сопротивление излучения*, одинаковы для данной А., работающей как в качестве передающей, так и приемной.

Простейшим типом А. является *вибратор*. На свойства вибратора как А. существенно влияет Земля, если расстояние от него до Земли невелико по сравнению с длиной волны. Поэтому при рассмотрении работы вибратора как А. в диапазоне длиных и средних волн в большинстве практических случаев (кроме, например, таких, когда А. подвешена на воздушном шаре) приходится учитывать влияние Земли. Это может быть сделано путем введения *зеркального изображения* вибратора. Так, например, вертикальный вибратор длиной в четверть волны (см. рис. *а*) вместе со своим зеркальным изображением образует *полуволновый вибратор*, если передатчик или приемник включен между нижним концом вибратора и заземлением. *Собственная длина волны* А., т. е. длина наиболее длинной *стоячей электромагнитной волны*, свойственной этой А., вчетверо больше высоты вибра-



тора. Включая между антенной и заземлением конденсатор или катушку индуктивности, можно соответственно укоротить или удлинить волну, на которую настроена А. На длинных и средних волнах этот метод и применяется для того, чтобы, не изменяя размеров вибратора, обеспечить настройку А. в резонанс на частоту излучаемых или принимаемых А. колебаний. На ультракоротких волнах изменение собственной длины волны А. с помощью конденсатора или катушки индуктивности оказывается

неэффективным, и поэтому при изменении длины излучаемой или принимаемой волны приходится изменять геометрические размеры вибратора.

Если А., помимо вертикальной, имеет и горизонтальную часть (см. рис. *б*), то в вертикальной части А. и зеркальном изображении этой части токи текут в одном направлении, а в горизонтальной части А. и зеркальном изображении ее — в противоположных направлениях. Так как прямолинейный вибратор больше всего излучает в перпендикулярных к нему направлениях, т. е. в экваториальной плоскости (см. *Излучение радиоволн*), и совсем не излучает вдоль своего направления, то вертикальный вибратор в случае *а* и вертикальная часть вибратора в случае *б* и их соответствующие зеркальные изображения сильнее всего излучают радиоволны вдоль Земли. Горизонтальная часть в случае *б* и ее зеркальное изображение совсем не излучают радиоволн вдоль Земли, и в вертикальном направлении их излучение сильно ослаблено вследствие того, что в проводе и его изображении токи текут в противоположные стороны и создают электромагнитные волны, сдвинутые по фазе на 180°. Поэтому пока высота горизонтальной части А. заметно меньше четверти длины волны, эта часть в вертикальном направлении практически почти не излучает радиоволн. Таким образом, на длинных и средних волнах все А., кроме, разве, самых высоких, лучше всего излучают и принимают радиоволны в направлениях вдоль поверхности Земли. На коротких же волнах высота горизонтальной части А. над поверхностью Земли легко может быть сделана порядка четверти длины волны и больше Вследствие этого на коротких, а тем более на ультракоротких волнах легко могут быть осуществлены А., лучше всего излучающие и принимающие радиоволны под большими углами к горизонту и, в частности, в вертикальном направлении.

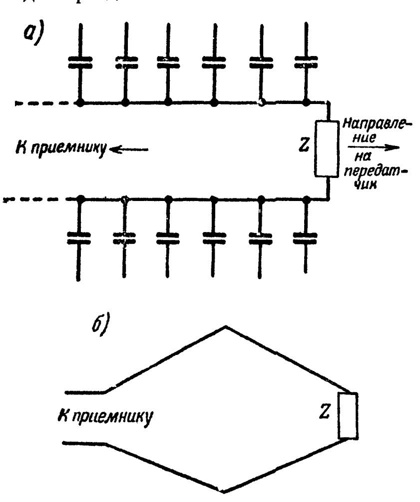
А. для длинных и средних волн излучают радиоволны вдоль поверхности Земли примерно одинаково во всех направлениях. Сколько-нибудь значительное *направленное действие* на этих волнах возможно только у А. очень больших размеров. Но на коротких, а тем более на ультракоротких волнах можно обеспечить значительное направленное действие А. как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Достигается это различными методами, например применением сложных А., состоящих из большого числа вибраторов (см. *Синфазные антенны*).

Поскольку на длинных и средних волнах настройка А. осуществляется изменением присоединенных к ней емкости или индуктивности, а сколько-нибудь значительное направленное действие А. не может быть достигнуто, форма А. и ее ориентировка не играют существенной роли для *радиолюбительских приемных А.* указанных выше диапазонов. Существенны только высота А. над Землей и длина ее горизонтальной части, от которых зависит *действующая высота* А. В А. же для коротких и особенно для ультракоротких волн, например *телевизионных приемных А.*, для настройки на нужную волну и осуществления направленного действия вибраторы должны иметь вполне определенные размеры, быть определенным образом расположены и ориентированы в пространстве.

Антенна бегущей волны — антенна, в которой не возникают *стоячие электромагнитные волны.* В А. б. в. отсутствуют собственные колебания и не наблюдается эффект резонанса. Поэтому А. б. в. не требуют настройки при изменении длины излучаемой или принимаемой волны даже в значительных пределах, т. е. являются широко-

диапазонными. Режим *бегущей волны* достигается тем, что помимо приемника, который представляет собой *согласованную нагрузку* для антенны, в другой ее конец включается еще одно сопротивление согласованной нагрузки.

Одна из распространенных А.б.в. представляет собой двухпроводную горизонтальную линию длиной в две-три длины волны, подвешенную



в направлении на принимаемую радиостанцию. Перпендикулярно к проводам антенны через небольшие емкости присоединены на равных расстояниях друг от друга попарно небольшие отрезки проводов — «усы» (см. рис. *а*). На конце линии, обращенной к принимаемой станции, включена согласованная нагрузка Z.

А. б. в. обладают, помимо диапазонности, значительным *направленным действием*. Еще бо́льшие направленное действие и диапазонность достигаются в ромбической А. б. в. (см. рис. *б*). Режим бегущей волны достигается в ней включением согласованной нагрузки Z в вершину ромба, противоположную той, в которую включается приемник. Ромбическая А. б. в. широко применяется также и в качестве передающей.

Антенный переключатель — устройство в приемо-передающих радиостанциях, работающих на одну антенну, предназначенное для перехода с приема на передачу и обратно. А. п. производит поочередную защиту приемника и блокировку передатчика. При передаче А. п. запирает вход приемника, защищая его от перегрузок, и подключает антенну к выходу передатчика. При приеме, т. е. во время паузы в работе генератора, А. п. подключает антенну ко входу приемника и запирает линию, ведущую к генератору. Когда необходимо осуществлять эти переключения с большой скоростью, например в *радиолокаторах*, в А. п. применяются специальные *газовые разрядники*.

Простейший А. п. в радиолокаторах сантиметрового диапазона волн представляет собой один газонаполненный разрядник, одновременно являющийся *объемным резонатором*, настроенным на частоту радиолокационного сигнала. Резонатор включается между антенной и приемным устройством и является, таким образом, настроенным входным контуром приемника. При поступлении сигнала из антенны к приемнику в контуре возникают колебания, но получающееся при этом напряжение на контуре слишком мало, не может вызвать зажигания разрядника, и сигнал с этого входного контура поступает в цепь приемника.

Когда начинает работать передатчик, то возникающее на объемном резонаторе-разряднике напряжение, усиленное за счет резонанса, очень велико и в разряднике начинается тлеющий разряд, почти сразу переходящий в дуговой. Напряжение на разряднике резко падает, и практически весьма малое сопротивление дугового разряда почти накоротко шунтирует вход приемника.

Чтобы разряд начинался быстрее и энергия колебаний, идущих от передатчика, не могла пройти в приемник и вывести его из строя, газ в резонаторе поддерживается в состоянии, близком к началу ионизации, посредством напряжения, поданного на специальный электрод, называемый поджигающим. Очень важно также, чтобы по окончании работы передатчика переключатель как можно быстрее опять подключил приемник к антенному фидеру, во избежание увеличения *мертвой зоны радиолокационной станции*. Это переключение произойдет при деионизации газа в разряднике. Для уменьшения времени деионизации разрядник наполняют специальной смесью газов — обычно водорода с парами воды.

Антенный трансформатор — *трансформатор высокой частоты*, включаемый между антенной и питающим ее фидером для согласования входных сопротивлений антенны и фидера.

Антенный фидер — двухпроводная (иногда более сложная, например, четырехпроводная) линия или специальный *высокочастотный кабель*, служащий для присоединения к антенне передатчика или приемника. Назначение фидера — передать высокочастотные колебания от передатчика к антенне или от антенны к приемнику по возможности без потерь энергии на излучение волн фидером и на нагревание его.

Антенный эффект — вообще излучение и прием электромагнитных волн теми или иными проводниками, которые в таком случае действуют как антенны. Однако термин А. э. применяют обычно в таких случаях, когда этот эффект имеет характер паразитного явления, т. е. происходит излучение или прием электромагнитных волн проводниками, не предназначенными для этих целей. Так, например, *антенный фидер* создает А. э., если он излучает и принимает электромагнитные волны.

Антидинатронная сетка — см. *Защитная сетка*.

Антифединговые антенны — антенны, излучение которых под большими углами к горизонту уменьшено с целью ослабления *интерференционного замирания*. Антенна, сильно излучающая и под малыми и под большими углами к горизонту, создает как *поверхностную волну*, так и *пространственную волну*. Последняя, отражаясь от ионосферы, возвращается к Земле, интерферирует с первой, и если обе волны оказываются приблизительно в противофазе, происходит замирание. Поэтому антенны с ослабленным излучением пространственной волны и называются А. а.

Для ослабления излучения пространственной волны применяются заземленные вертикальные антенны либо со специально подобранной высотой, составляющей 0,53—0,55 от длины волны, либо со специально подобранным распределением тока в антенне. Так как интерференционные фединги сильнее всего выражены в диапазоне средних волн, то А. а. применяются главным образом для этого диапазона волн.

Антишумовые антенны — приемные антенны, в которых приняты специальные меры для ослабления результатов воздействия на них *индустриальных помех радиоприему*. Эти меры основаны на использовании различий в характере электромагнитных полей, излучаемых радиостанцией, и полей, создаваемых источниками промышленных помех, например в характере их поляризации (см. *Поляризованные электромагнитные волны*).

Апериодические цепи (системы) — цепи, в которых в отличие от колебательных цепей *собственные колебания* не возникают вследствие больших потерь энергии в цепи. Энергия, сообщенная А. ц. началь-

ным импульсом, рассеивается в системе полностью за время меньшее, чем тот период собственных колебаний, которым обладала бы цепь, если бы в ней не было потерь. Поэтому процесс восстановления состояния равновесия носит не колебательный, а апериодический характер. В А. ц., благодаря тому, что они не способны совершать собственных колебаний, не возникает явлений *резонанса*.

Апериодический усилитель — усилитель, дающий одинаковое усиление в широком диапазоне частот, для чего в качестве элементов связи между каскадами усиления применяются апериодические цепи со специально подобранными параметрами. А. у. применяются для усиления *видеоимпульсов*, а также для различных измерительных целей.

Апертура — буквально — «отверстие». В ТВ означает сечение электронного луча (электронное пятно) на экране и мишени передающих и приемных трубок.

Апертурная коррекция (ТВ) — исправление *апертурных искажений* — падения частотно-контрастных характеристик в области верхних частот спектра сигналов. А. к. осуществляется путем введения в канал передачи апертурного корректора — фильтра, частотная характеристика которого $A(\omega) = 1/K(\omega)$ обратна характеристике апертурных искажений $K(\omega)$ в пределах рабочей полосы частот. Фазовые искажения должны быть при этом также скорректированы.

Апертурные искажения (ТВ) — падение частотно-контрастных характеристик телевизионных электронно-лучевых трубок в области верхних частот спектра сигналов, обусловленное конечным сечением электронных пучков. А. и. приводят к размытости изображения светящейся точки, линии или границы между темным и светлым. Если сечения пучков не превышают, грубо говоря, *шага развертки* — одного элемента изображения, то А. и. практически незаметны.

Апостильб (*апсб*) — *яркость* идеальной белой поверхности, освещенность которой равна одному *люксу* (*лк*). 1 *апсб* равен π нит (*нт*).

Аппроксимация характеристик электронной лампы (или транзистора и других приборов) — подбор достаточно простого уравнения, могущего, с нужной степенью точности, изобразить характеристику электронной лампы или другого прибора. Для расчета ламповых схем часто наряду с параметрами электронной лампы в той или иной точке необходимо знать ее сеточную или анодную характеристику на достаточно большом участке. Экспериментальное получение таких характеристик не представляет трудностей, но для расчетов требуется их аналитическое выражение.

Одним из видов А. х. э. л. является изображение характеристики «законом степени $^3/_2$»:

для диода

$$I_а = aU_а^{3/2},$$

для ламп с сетками

$$I_а = a_1 U_д^{3/2},$$

точнее

$$I_к = a_1 U_д^{3/2},$$

где $U_д$ — *действующее напряжение*;

$I_к$ — ток катода, т. е. сумма токов анода и сеток;

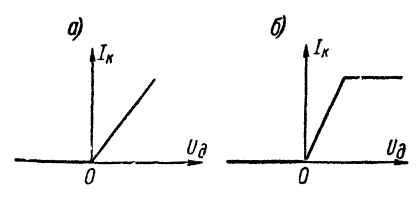
a, a_1 — некоторые коэффициенты, зависящие от конструкции лампы и размеров ее деталей.

Однако такая аппроксимация, при своей сложности, не точна и на практике ею пользуются редко. Очень распространена А. х. э. л. в виде ломаной прямой (см. рис. *а* или *б*), достаточно простая и дающая необходимую точность для решения ряда задач.

Удобна А. х. э. л. в виде степенного ряда типа

$$i_a = a + bU_a + cU_a^2 + dU_a^3 + \dots$$

(для случая диода), где a, b, c, d и т. д. — некоторые постоянные,



зависящие от конструктивных данных лампы и могущие быть как положительными, так и отрицательными величинами. Практически часто ограничиваются первыми тремя членами ряда.

Возможны и другие аналитические выражения для А. х. э. л.

АРГ — автоматическая регулировка громкости — то же, что *автоматическая регулировка усиления*.

Арифметическое устройство — часть цифровой вычислительной машины, где выполняются основные арифметические и некоторые логические операции. Обычно в А. у. производится алгебраическое сложение (т. е. сложение чисел с учетом их знаков), умножение и деление, причем последняя операция как самостоятельная реализуется далеко не в каждой ЦВМ. Так как при вычислениях деление встречается гораздо реже (в 10—20 раз), чем остальные операции, то в машинах малой производительности его не предусматривают, чтобы не усложнять схему А. у. Из логических операций в А. у. предусматривается выполнение поразрядного сложения по модулю 2, поразрядного логического сложения, сравнения по знаку, выдача сигнала переполнения разрядной сетки и др.

Быстродействие А. у. обычно характеризуют временем выполнения короткой операции, под которой подразумевается операция сложения или сравнимая с ней по длительности. Современные универсальные ЦВМ могут выполнять от нескольких тысяч до миллиона и более коротких операций в секунду. *Разрядность* А. у. больших ЦВМ колеблется от 30 до 50 разрядов, время выполнения сложения может составлять при этом десятые доли микросекунды. Для увеличения производительности в уникальных ЦВМ (типа американской «Стретч») предусмотрены не одно, а несколько А. у., которые могут работать параллельно и независимо друг от друга.

Существуют А. у. параллельного и последовательного действия. В первых операции производятся одновременно над всеми разрядами чисел, а во вторых — последовательно, разряд за разрядом. А. у. параллельного действия являются гораздо более быстродействующими устройствами, чем А. у. последовательного действия. Приведенные выше данные относились к А. у. параллельного действия. Сложность схемы А. у. зависит от многих причин: от необходимого быстродействия, количества разрядов и выполняемых операций и от некоторых других требований. А. у., предназначенные для выполнения операций над числами в системе с фиксированной запятой, менее сложны (при прочих равных условиях), чем А. у., оперирующие с числами в системе с плавающей запятой.

Главным узлом в А. у. является *сумматор*, где собственно и производится сложение чисел. Сумматоры обычно работают в обратном или дополнительном коде. Для выполнения умножения необходим по крайней мере еще один *регистр* — регистр множителя. Частные произведения накапливаются в сумматоре, там же образуется произведение. Таким образом, в А. у., где предусматривается выполнение ум-

ножения, должны быть, кроме сумматора, два регистра: 1) приемный регистр или регистр множимого; 2) регистр множителя. В регистре множителя должен выполняться сдвиг вправо (в сторону младших разрядов). Умножение может выполняться как в прямом, так и в дополнительном коде. Для выполнения операции деления необходимо предусмотреть сдвиг делителя влево (в сторону старших разрядов). В универсальных ЦВМ предусматривается получение и вывод из А. у. полного произведения (т. е. кода с двойным числом разрядов), а при делении — вывод частного и остатка. В специализированных ЦВМ часто не требуется получать произведения с двойным числом разрядов, за счет чего можно существенно уменьшить количество электронного оборудования в А. у.

Артикуляционные измерения — см. *Разборчивость речи.*

Артикуляция — разборчивость речи. Количественно А. определяется как отношение числа правильно принятых звуков к общему числу принятых звуков. А. зависит от громкости принимаемых звуков, свойств линии передачи и уровня шумов. Малая громкость, искажения в линии и высокий уровень шумов дают малую А. Для определения величины А. производятся специальные испытания по определенным программам.

Артрон — одна из моделей *нейронов*, изготовленная в США. Имеет два входа и один выход. С помощью А. может быть реализована одна из 16 возможных функций алгебры логики. В отличие от обычных двоичных логических элементов, А. является перестраиваемым, самоорганизующимся элементом. В процессе «обучения» он настраивается на выполнение определенной логической функции. А. используется для построения сложных самоорганизующихся систем.

АРУ — см. *Автоматическая регулировка усиления.*

АРЧ — сокращенное обозначение, которое может иметь двоякий смысл (поэтому не рекомендуется его употреблять): либо автоматическая регулировка чувствительности, т. е. то же, что *автоматическая регулировка усиления*, либо автоматическая регулировка частоты, т. е. то же, что *автоматическая подстройка частоты.*

Асинхронный двухфазный двигатель — электрический двигатель переменного тока, получивший широкое распространение в маломощных электрических исполнительных устройствах регуляторов и следящих систем. Наиболее часто применяются двигатели с полым алюминиевым и массивным ферромагнитным роторами. Двигатели с полым ротором обладают очень малой инерцией и высоким быстродействием. Инерция двигателей с ферромагнитным ротором в сотни раз больше, чем у двигателей с полым ротором, поэтому первые не являются быстродействующими.

Ассоциативное запоминающее устройство — *запоминающее устройство*, в котором выборка информации производится не по *адресам* ячеек (где хранится нужная информация), а по совокупности признаков. В А. з. у. хранится информация, которая может быть сгруппирована или разбита на категории. Примером информации такого характера могут служить инвентарные описи, библиографические описания, документы финансовой отчетности, двуязычные словари и т. д. Поиск информации в А. з. у. производится по тем или иным признакам, поэтому при выборке происходит выдача всей информации, хранящейся в накопителе А. з. у., которая имеет заданные признаки; эти признаки являются ассоциативными (связующими) категориями, откуда и произошло название А. з. у.

А. з. у. представляют собой один из видов технической реализации ассоциативной машинной памяти *информационно-логических машин*. Другой метод заключается в соответствующем программировании задач информационно-логического характера, решаемых на обычных ЦВМ. В качестве *запоминающих элементов* для построения *накопителей* А. з. у. удобны *трансфлюксоры*, криогенные запоминающие элементы и некоторые другие. К настоящему времени разработаны А. з. у. очень небольших объемов. Создание А. з. у. достаточно большого объема, необходимого для использования в информационно-логических машинах, пока является нерешенной задачей.

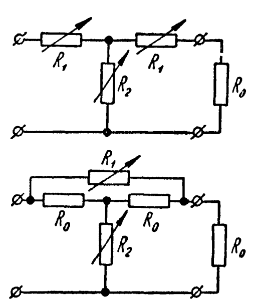
Астатизм — свойство автоматических систем сводить к нулю установившиеся ошибки регулирования или слежения, возникающие под влиянием управляющих или возмущающих воздействий. Уничтожение установившихся ошибок всегда связано с введением интегральных членов в закон регулирования автоматического регулятора. Интегралы в закон регулирования могут вводиться самыми различными конструктивными методами при помощи электронных, полупроводниковых, электрических и других интегрирующих устройств.

Атмосферная радиорефракция — см. *Преломление радиоволн в тропосфере* и *Преломление радиоволн в ионосфере*.

Атмосферные помехи — помехи радиоприему, обусловленные влиянием на приемную антенну электрических процессов, происходящих в атмосфере. В земной атмосфере всегда имеются электрические заряды (атмосферное электричество), величина и расположение которых все время изменяются. Эти атмосферные электрические процессы вызывают появление *электромагнитных волн* нерегулярного характера, которые действуют на приемные антенны и вызывают шумы и трески на выходе приемника. Особенно сильные электрические явления происходят в атмосфере летом. Поэтому летом А. п. радиоприему бывают особенно сильны.

Атмосферный волновод — см. *Волноводное распространение радиоволн*.

Аттенюатор — регулятор напряжения или поглотитель мощности, отличающийся от реостата или потенциометра тем, что при регулировке входное сопротивление А. не изменяется (при условии, что



А. нагружен на постоянное сопротивление R_0). А. широко применяется в различной электро- и радиоизмерительной аппаратуре, а также при регулировке уровней *сигналов вещательной передачи*. Система А. имеется на пульте *тонмейстера* для ручной регулировки напряжений, поступающих с отдельных микрофонных усилителей.

Простейшие схемы А. показаны на рис. Изменение всех сопротивлений производится одновременно вращением одной ручки.

Ахроматические цвета — серые и белый цвета, т. е. лишенные цветности (цветового тона) и имеющие *чистоту цвета*, равную нулю.

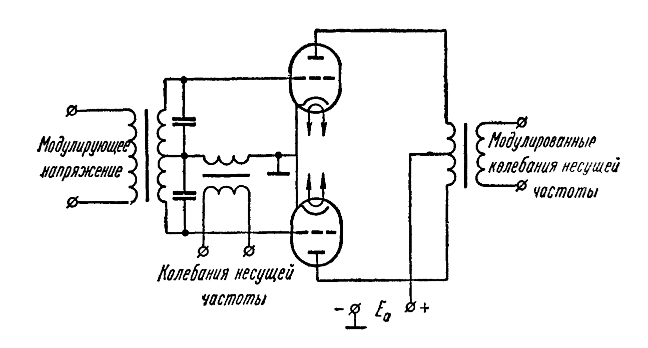
Б

База (в транзисторах) — средняя область, заключенная между эмиттерным и коллекторным *p—n* переходами.

База громкоговорителей — расстояние, на которое удалены друг от друга *громкоговорящие агрегаты* в системе стереофонического звуковоспроизведения. Б. г. ограничивает воспринимаемую на слух протяженность звучащего ансамбля или зону кажущегося перемещения одиночного источника звука. При монофоническом (одноканальном) *вещании* удаление громкоговорителей друг от друга создает эффект объемного звучания без возможности *локализации* отдельных источников звука.

Балансная модуляция — система амплитудной модуляции, при которой в спектре *модулированных колебаний* присутствуют только боковые полосы, а колебание несущей частоты отсутствует.

Одна из схем для осуществления Б. м. приведена на рис. На сетки двух ламп, включенных по *двухтактной схеме*, подаются колебания несущей частоты в одной и той же фазе, а модулирующее напряжение — в противофазе. Вследствие этого боковые полосы в анодных цепях обеих ламп также оказываются в противофазе. Поэтому на выходе модулятора, где колебания в анодных цепях обеих ламп направлены навстречу, колебания несущей частоты уничтожаются, а колебания боковых полос складываются.



Б. м. применяется главным образом при *однополосной передаче*, когда одна из боковых полос, даваемых балансным модулятором, срезается при помощи фильтров. Применение Б. м. облегчает устранение одной боковой полосы, так как различие в частотах между двумя боковыми полосами вдвое больше, чем между боковой полосой и несущим колебанием, и отделить с помощью фильтра одну боковую полосу от другой легче, чем боковую полосу от несущего колебания.

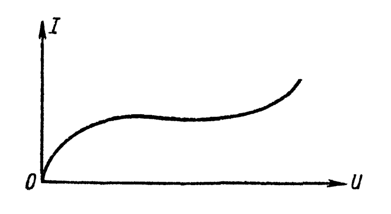
Балансные схемы — схемы, действие которых основано на нарушении равновесия (баланса) в какой-либо электрической цепи. Простейшим примером Б. с. являются так называемые *мосты*, в которых при определенном соотношении между плечами моста схема оказывается сбалансированной и ток в диагонали моста отсутствует. При изменении каких-либо параметров схемы или частоты питающего напряжения баланс в схеме нарушается и в диагонали моста появляется ток.

Балластное сопротивление — сопротивление, включаемое в цепь для поглощения излишнего напряжения, а также выравнивания напряжений или токов в отдельных ветвях цепи. Например, при последовательном включении цепей

накала нескольких электронных ламп с различными токами накала параллельно нитям накала, потребляющим меньший ток, включаются Б. с., чтобы часть общего тока, протекающего во всей цепи, ответвлялась в эти сопротивления.

Бар — единица измерения *звукового давления*, равная давлению в 1 дину на 1 $см^2$.

Бареттер — сопротивление, предназначенное для обеспечения постоянства тока накала электронных



ламп и защиты их от перекаливания. Б. делают из тонкой железной проволоки, помещенной в баллон, заполненный водородом. При пропускании тока проволока накаливается, вследствие чего ее сопротивление увеличивается. Режим Б. подобран так, что при небольшом увеличении тока через него сопротивление проволоки резко возрастает и соответственно возрастает падение напряжения на Б. В результате этого при включении Б. в цепь последовательно с каким-либо другим проводником изменение напряжения на Б. почти полностью компенсирует изменение напряжения на зажимах цепи (пока это изменение не выходит за некоторые пределы, называемые пределами бареттирования) и поддерживает ток в ней почти постоянным. Процесс, происходящий в Б., хорошо иллюстрируется его вольтамперной характеристикой, т. е. зависимостью тока через Б. от приложенного к нему напряжения (см. рис.).

Бариевый катод — *активированный катод*, поверхность которого покрыта пленкой окиси бария.

Барьерная емкость — электрическая емкость *электронно-дырочного перехода*, обусловленная зарядами ионов примесного вещества в *обедненном слое*. Играет существенную роль при обратной полярности приложенного к $p—n$ переходу напряжения и уменьшается с увеличением этого напряжения. При прямой полярности напряжения Б. е. увеличивается, но начинает маскироваться еще быстрее растущей с увеличением прямого тока *диффузионной емкостью*.

Барьерная сетка — редкая сетка, устанавливаемая близ мишени *потенциалоскопа* и соединяемая с его сигнальной пластиной. Б. с. препятствует переходу вторичных электронов на другие места мишени, чем устраняется неравномерность фона потенциального рельефа и связанный с ней паразитный сигнал.

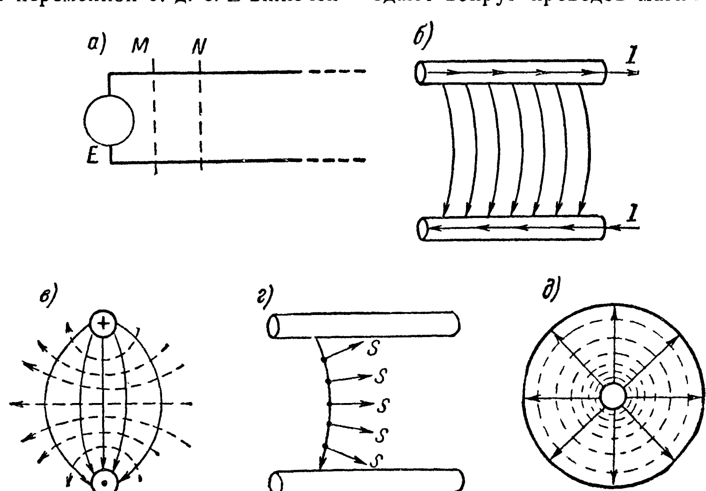
Басов Николай Геннадиевич (1922) — член-корреспондент АН СССР, лауреат Ленинской премии. В 1950 г. окончил Московский механический институт. С 1948 г. работает в Физическом институте имени Лебедева АН СССР.

В 1964 г. Б. присуждена совместно с А. М. Прохоровым и Ч. Таунсом Нобелевская премия за фундаментальные исследования в области квантовой радиофизики, приведшие к созданию генераторов и усилителей нового типа.

Советскими учеными Н. Г. Басовым и А. М. Прохоровым в Физическом институте АН СССР и Ч. Таунсом с сотрудниками в Колумбийском университете создан генератор радиоволн нового типа — квантовый генератор, в котором источником радиоволн служит пучок летящих в вакууме молекул аммиака. Советские ученые назвали этот прибор молекулярным генератором, а Таунс — мазером — термином, образованным из первых

букв слов фразы, описывающей на английском языке действие этого прибора.

Бегущая электромагнитная волна — *переменное электромагнитное поле,* распространяющееся вдоль двухпроводной линии, кабеля и т. д. Б. э. в. возникают в линии, кабеле и т. п. при питании их переменным напряжением. Для рассмотрения картины распространения Б. э. в. положим, что источник переменной э. д. с. E включен между проводами одного из концов очень длинной двухпроводной линии (см. рис. *а*), у которой провода обладают малым активным сопротивлением. Тогда между проводами ближайшего к источнику э. д. с. участка линии MN возникает напряжение и электрическое поле появляется как между проводами, так и в самих проводах. Конфигурация этого поля в плоскости, проходящей через оси обоих проводов, изображена на рис. *б*, а в плоскости, перпендикулярной проводам, — на рис. *в* (сплошные линии — силовые линии этого поля).



Под действием электрического поля, появившегося внутри проводов, в них возникают электрические токи I, текущие в двух проводах в противоположных направлениях. При этом если сопротивление проводов мало, то напряженность поля внутри них гораздо слабее, чем в пространстве между проводами, и силовые линии электрического поля лишь слегка выгибаются в направлении от источника. Возникшие в проводах токи противоположного направления создают вокруг проводов магнитные поля, направленные в пространстве между проводами в одну и ту же сторону и усиливающие друг друга. В остальной части пространства эти поля направлены в противоположные стороны и ослабляют друг друга. Вследствие этого результирующее магнитное поле обоих токов оказывается сосредоточенным главным образом между проводами (пунктирные линии на рис. *в* изображают силовые линии магнитного поля). Так как токи в проводах совпадают по фазе с напряжением, то электрическое и магнитное поля в каждом сечении, перпендикулярном к линии, совпадают по фазе. В конечном

счете переменное электромагнитное поле между проводами имеет примерно такой же характер, как и поле *электромагнитной волны*, распространяющейся в свободном пространстве. Это переменное электромагнитное поле распространяется в пространстве вдоль проводов так же, как электромагнитная волна в свободном пространстве, — со скоростью, зависящей от свойств среды, заполняющей пространство между проводами (см. *Скорость распространения электромагнитных волн*).

В результате распространения Б. э. м. вдоль линии возникают напряжения между следующими друг за другом участками линии и токи в них. Но из-за конечной скорости распространения электромагнитного поля, напряжение между проводами и ток в них в каждом последующем сечении запаздывают по *фазе* между двумя данными сечениями на $\varphi = 2\pi l/v$, где l — расстояние между этими сечениями, а v — скорость распространения электромагнитного поля. Направление течения электромагнитной энергии, которую несет с собой поле, как и в случае электромагнитной волны в свободном пространстве, определяется вектором Умова — Пойнтинга, который в каждой точке перпендикулярен направлению векторов электрического поля E и магнитного H. При этом взаимная ориентировка обоих векторов оказывается такой, что вектор Умова — Пойнтинга S направлен всегда от источника э. д. с. Однако вследствие того, что направление вектора E слегка отклонено от плоскости, перпендикулярной к линии, вектор S слегка отклонен от оси линии к проводам (см. рис. *г*). Так как оба поля E и H изменяются в одной и той же фазе, то они одновременно изменяют направление на обратное, вследствие чего вектор S не изменяет своего направления, хотя и изменяется по величине. Таким образом, в пространстве между проводами линии течет пульсирующий поток электромагнитной энергии в направлении от источника, причем часть этого потока ответвляется и втекает в провода (на что указывает отклонение вектора S к проводам). Электромагнитная энергия, втекающая в провода, рассеивается в них в виде тепла и идет на нагревание проводов. Чем больше активное сопротивление самих проводов, тем больше выгнуты силовые линии электрического поля, тем больше отклонены вектор E от плоскости, перпендикулярной к линии, а вектор S к проводам и тем больше энергии втекает в провода и рассеивается в них. Другого конца линии достигает только та часть энергии, которая при распространении вдоль линии не попала в провода. Как видно, передача электромагнитной энергии происходит не по проводам, а вдоль проводов. Провода играют роль лишь «направляющих», вдоль которых распространяется электромагнитная энергия.

Если в конец линии включена *согласованная нагрузка*, то энергия, достигшая конца линии, полностью поглощается. Если же условие согласования нагрузки не выполнено, то на конце линии происходит отражение Б. э. в. Отраженная электромагнитная волна уносит с собой бóльшую или меньшую часть энергии, достигшей конца линии. В результате наложения отраженной волны на падающую в линии образуются, помимо Б. э. в., *стоячие электромагнитные волны*.

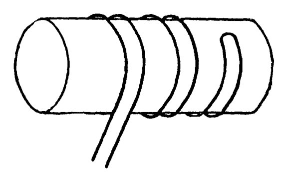
Картина распространения Б. э. в. вдоль двухпроводной линии в основных чертах остается справедливой и для всех других случаев, например для коаксиального кабеля, хотя в нем конфигурация электромагнитного поля имеет несколько иной вид (она изображена на рис. *д*). В этом случае энергия течет в пространстве между оболочкой кабеля и внутренней жилой

и частично втекает в оболочку и жилу, рассеиваясь в них в виде тепла. Но во всех случаях, когда электромагнитная энергия передается с помощью проводов, она течет не по проводам, а вдоль них. Это относится к передаче не только высокочастотной, но и электромагнитной энергии переменным током низкой частоты (например, 50 *гц*), а также постоянным током. И в таких случаях энергию несет с собой Б. э. в., распространяющаяся вдоль проводов, но только длина ее очень велика. Для тока с частотой 50 *гц* она составляет 6000 *км*, а для постоянного тока она бесконечно велика (так как частота его равна нулю). Таким образом, для постоянного и переменного тока с частотой 50 *гц* длина линии оказывается почти всегда весьма малой по сравнению с длиной волны.

Поскольку вследствие этого сдвиг фаз на всей длине линии очень мал (а в случае постоянного тока вообще отсутствует), можно не рассматривать распространения Б. э. в., а считать, что напряжения и токи в линии устанавливаются мгновенно, т. е. рассматривать всю картину в линии как *квазистационарный ток*.

Безусловный переход — одна из команд управления в ЦВМ, позволяющая производить изменение естественного порядка выполнения команд *программы* (обычно в порядке следования номеров *ячеек* запоминающего устройства), заранее предусмотренное при составлении программы. Б. п. применяется при обращении к *подпрограммам*. По команде Б. п. содержимое регистра команд передается в *счетчик команд*, где образуется *адрес* новой команды.

Безындукционная намотка — специальный тип намотки, применяемый для уменьшения индуктивности, например для изготовления безындукционных сопротивлений. Одним из распространенных типов Б. н. является намотка *бифиляром* — проводом, сложенным вдвое в виде вытянутой петли. Средняя точка петли укладывается на каркас, и обе половины петли наматываются одновременно (см. рис.). Так как вокруг бифиляра магнитное поле отсутствует, то бифилярная намотка обладает очень малой индуктивностью. Однако она обладает довольно значительной *паразитной емкостью*. Существуют более сложные системы Б. н., которые обладают меньшей паразитной емкостью, чем бифилярная намотка.



Безынерционные измерительные приборы — приборы, практически не обладающие инерцией. Показания их изменяются так же быстро, как и измеряемая величина. Б. и. п. применяют в случаях, когда требуется регистрировать мгновенные значения измеряемой величины. Является ли данный прибор практически безынерционным, зависит не только от принципа его действия и конструкции, но и от того, как быстро изменяется измеряемая величина. Например, обычные стрелочные электроизмерительные приборы для переменного тока с частотой 50 *гц* не являются Б. и. п. Поэтому они измеряют не мгновенные, а так или иначе усредненные значения силы переменного тока. Как именно усредняется измеряемая величина, зависит от принципа действия и конструкции измерительного прибора. Так, стрелочные *магнитоэлектрические измерительные приборы* измеряют среднее значение тока за много периодов (которое для синусоидального переменного тока равно нулю), а электродинамические или *тепловые электроизмерительные приборы* изме-

ряют среднее квадратичное или действующее значение *переменного тока*. В качестве Б. и. п. для частот вплоть до нескольких килогерц могут служить шлейфные *осциллографы*, а для частот до нескольких сот мегагерц — *электронные осциллографы*.

Бел — единица для измерения усиления или ослабления по *логарифмической шкале*. Усиление в 1 бел — это усиление мощности, при котором десятичный логарифм отношения мощностей после и до усиления равен 1 (т. е. мощность увеличилась в 10 раз). Иначе говоря, усиление (или ослабление) в Б. равно:

$$N_б = \lg \frac{P_2}{P_1},$$

где P_1 — мощность до усиления, а P_2 — мощность после усиления (или ослабления). При этом усилению соответствуют положительные, а ослаблению — отрицательные значения N. На практике вместо Б. обычно применяется в 10 раз меньшая единица — *децибел*.

«Белый» шум — один из видов *шумовых напряжений*, обладающий следующими свойствами: 1) средние по ансамблю значения спектральных составляющих в заданном диапазоне частот распределены по частоте равномерно; 2) отсутствуют статистические связи между значениями функции в различных точках отсчета; 3) при прохождении через линейную систему, обладающую избирательными свойствами, выходной сигнал остается случайным сигналом с нормальным распределением амплитуд при любых частотах, а также продолжают отсутствовать статистические связи между значениями функций на различных частотах. Такими свойствами обладают, например, некоторые виды широкополосных *дробовых шумов*. Б. ш. часто называют также «гладким шумом». В технике автоматического управления искусственно генерируемый Б. ш. используется для экспериментального исследования поведения различных устройств при действии случайных возмущений.

Берг Аксель Иванович (1893) — Герой Социалистического Труда, академик, инженер-адмирал, лауреат Золотой медали имени А. С. Попова. Общее образование получил в Морском корпусе. По окончании специальных классов того же корпуса плавал младшим штурманом линейного корабля «Цесаревич», а затем штурманом подводной лодки. В период гражданской войны — штурман советской подводной лодки «Пантера», а затем командир подводных лодок «Рысь», «Волк» и «Змея». В 1922 г. учился в Военно-морской академии.

Еще во время службы во флоте Б. использует все свободное время для занятий по математике и физике. Это позволило ему в 1922 г. сдать экзамены за четвертый курс Политехнического института в Петрограде, а в 1923 г. выполнить все требования учебного плана электротехнического факультета Военно-морского инженерного училища, защитить дипломный проект и получить звание инженера-электрика флота. В 1926 г. Б. закончил электротехнический факультет Военно-морской академии в числе первых ее выпускников-радиоспециалистов. Затем в течение двадцати лет он вел педагогическую работу в высших учебных заведениях, читая общие и специальные курсы, охватывавшие все основные области радиотехники.

В 1930 г. Б. получил звание профессора в Ленинградском электротехническом институте имени В. И. Ульянова (Ленина), а в 1936 г. ему была присвоена ученая степень доктора технических наук.

Педагогическую работу ученый сочетал с научно-технической и организаторской деятельностью. В течение 1928—1934 гг. Б. руководил вооружением Военно-морского флота радиосредствами, возглавлял

Научно-исследовательский институт связи Военно-морских сил РККА.

В 1943 г. он был избран членом-корреспондентом АН СССР и назначен заместителем народного комиссара электропромышленности. В 1946 г. избран действительным членом АН СССР. С 1950 по 1963 г. — председатель Всесоюзного научного совета по радиофизике и радиотехнике АН СССР. Под его руководством Совет стал авторитетным научным центром по координации научно-исследовательских работ в области радиоэлектроники.

С 1953 по 1957 г. — заместитель министра обороны СССР. В 1957 г. перешел на работу в АН СССР, где с 1959 г. возглавляет Научный совет по кибернетике.

Научные труды Б. посвящены вопросам генерирования электромагнитной энергии, работы схем с электронными лампами, радиоприема, расчета и конструирования передатчиков, распространения радиоволн, пеленгации и организации морской связи. Среди трудов Б. несколько учебников по важнейшим разделам радиотехники. Таковы «Основы радиотехнических расчетов», «Теория и расчет ламповых генераторов» и «Общая теория радиотехники». Ряд работ Б. посвящен истории радио и установлению приоритета А. С. Попова в его изобретении.

Блестящий организатор, талантливый и неутомимый пропагандист новой техники, Б. занимается вопросами организации службы надежности, внедрения электронных вычислительных машин, создания управляющих и обучающих машин и применения электроники в медицине, привлекая к решению этих важных проблем широкие круги научно-технической общественности. Вот почему основная деятельность Б. почти неотделима от его общественной работы. Он был заместителем председателя, а теперь является членом Комитета по Ленинским премиям; Б. — член редколлегий нескольких научных журналов, журнала «Радио» и «Массовой радиобиблиотеки». В последней активно сотрудничает с момента ее организации. Много сил он отдает популяризации достижений радиотехники, пропаганде радиотехнических знаний и развитию радиолюбительства. Ряд лет Б. был председателем Выставочных комитетов Всесоюзных выставок радиолюбительского творчества.

Заслуги акад. А. И. Берга отмечены высшими правительственными наградами.

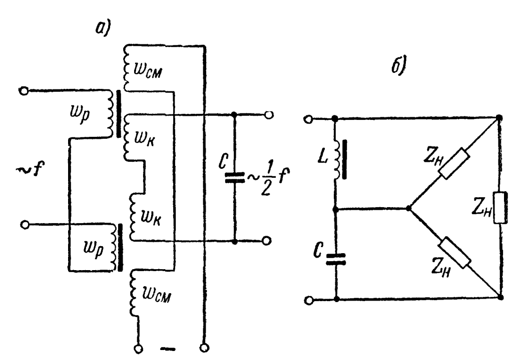
Бесконтактная термопара — *термоэлемент*, в котором нагревающий проводник и термоспай не имеют между собой электрического контакта, так что цепь измеряемого переменного тока и цепь, в которую включается измерительный прибор постоянного тока, не соединены между собой. Отсутствие электрического контакта между нагревателем и цепью измерительного прибора упрощает применение Б. т.

Бесконтактное реле — *магнитный усилитель* с глубокой положительной *обратной связью*, работающий в релейном режиме. Для создания достаточно глубокой обратной связи используются специальные обмотки (внешние обратные связи). При коэффициенте обратной связи $k_{о. с} > 1$ в статической характеристике появляется неоднозначность (петля), благодаря чему Б. р. переходит в релейный режим работы. Различают нереверсивные и реверсивные схемы Б. р.

Замедление с помощью специальных гибких обратных связей, или схемных способов, применяемых в обычных электромеханических реле (короткозамкнутых обмоток и т. д.), позволяет создавать Б. р. времени с выдержкой до нескольких десятков секунд. Для достижения очень больших выдержек применяют генераторные Б. р. времени на магнитных элементах. В «многоконтактных» Б. р., управляющих

несколькими цепями, используются схемы, состоящие из нескольких магнитных усилителей (по числу необходимых контактов).

Бесконтактные преобразователи — электромагнитные устройства для преобразования частоты и числа фаз. Устройства для преобразования напряжения переменного тока одной частоты в напряжение другой, кратной ей, частоты основаны на искажении формы кривой входного напряжения и последующем выделении определенной высшей гармоники. Увеличение частоты в нецелое число осуществляют посредством последовательного соединения умножителя частоты и делителя. Для искажения кривой напряжения или тока необходимы нелинейные сопротивления. Обычно применяются ферромагнитные умножители частоты с нелинейной индуктивностью и насыщающимся ферромагнитным сердечником. Применяются также умножители частоты, использующие нелинейные конденсаторы и нелинейные активные сопротивления.



В бесконтактных ферромагнитных делителях частоты используется *параметрическое возбуждение колебаний* в нелинейной цепи *LC*. Схема такого делителя показана на рис. *а*.

Б. п. числа фаз применяются тогда, когда источник питания и нагрузка имеют разное число фаз. Схема преобразователя однофазного напряжения в трехфазное приведена на рис. *б*. Симметрия и величина выходного напряжения зависят от частоты питания и нагрузки. При изменении нагрузки преобразователь необходимо перестраивать.

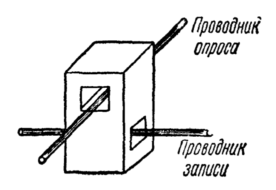
Для умножения числа фаз трехфазной системы применяют трансформаторные схемы, состоящие из одного или нескольких трехфазных трансформаторов с большим числом вторичных обмоток, имеющих разное число витков. Комбинируя эти обмотки между собой, можно получить системы напряжений с шестью, девятью и т. д. фазами. Такие системы применяют для питания выпрямителей и ферромагнитных умножителей частоты.

Бестрансформаторное питание — питание радиоприемников или усилителей с помощью выпрямителей без силового трансформатора, в частности бестрансформаторных кенотронных выпрямителей. В последних применяются кенотроны с повышенным напряжением накала.

Бесшумная настройка — устройство, автоматически запирающее одну или несколько последних ламп приемника до тех пор, пока на эти лампы не поступит достаточно большое напряжение принимаемого сигнала. Достигается это с

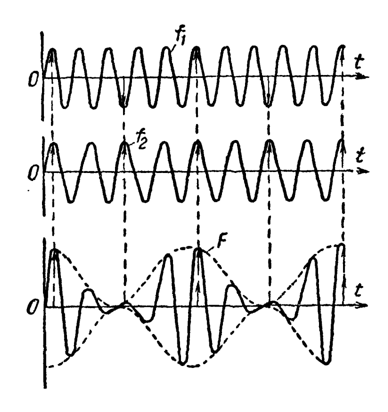
помощью специальной запирающей лампы, задающей большое отрицательное смещение на сетки запираемых усилительных ламп. Когда на сетку запирающей лампы подается достаточно большое напряжение от принимаемого сигнала, снимаемое с нее отрицательное напряжение уменьшается и усилительные лампы начинают усиливать принимаемые сигналы.

Биакс — магнитный запоминающий элемент из феррита с прямоугольной петлей гистерезиса, имеющий форму параллелепипеда с двумя взаимно перпендикулярными отверстиями, оси которых не пересекаются (см. рис.). Одно из отверстий является опросным, а другое



служит для записи информации. В настоящее время имеются Б. с размерами порядка $1 \times 1 \times 2$ *мм*. Б. являются запоминающими элементами с *неразрушающим считыванием* информации. Механизм такого считывания объясняется, повидимому, взаимодействием ортогональных магнитных полей в перемычке между отверстиями. Частота опроса — порядка нескольких мегагерц (до 10 *Мгц*). Быстродействие по записи значительно меньше.

Биения — явление, возникающее при сложении двух колебаний с разными, но не кратными частотами, и заключающееся в периодическом изменении амплитуды результирующего колебания. Происходят Б. потому, что отклонения в обоих колебаниях в какой-то момент совпадают по фазе, т. е. направлены в одну сторону и складываются. Но вследствие того, что частоты обоих колебаний различны, то их фазы постепенно «расходятся» и колебания ослабляют друг друга, затем фазы снова сближаются и колебания усиливают друг друга; амплитуда результирующего колебания убывает, достигая минимума в тот момент, когда фазы обоих колебаний противоположны, затем снова возрастает, достигая максимума в тот момент, когда фазы обоих колебаний совпадают.



Между частотой изменения амплитуды, называемой частотой Б., и частотами слагающихся колебаний f_1 и f_2 существует простая связь: частота Б. $F = f_1 - f_2$. Когда частоты f_1 и f_2 близки между собой, частота Б. становится малой. Биения уже не являются гармоническими колебаниями, но при *детектировании* Б. могут быть выделены гармонические колебания, частота которых равна частоте Б. («тон Б.»).

Бильдтелеграфия — см. *Фототелеграфия.*

Биметаллический провод — стальной или алюминиевый провод, покрытый сверху слоем меди (в редких случаях серебра или даже золота). Б. п. применяется для проведения переменных токов высокой частоты, которые вследствие *поверхностного эффекта* не проникают в глубь провода, а распространяются только по его поверхности. Поэтому то обстоятельство, что внутренняя часть провода сде-

лана из плохо проводящего металла, на высоких частотах практически не влияет на величину активного сопротивления Б. п.

Биметаллическое реле — простейшее *реле*, срабатывающее при заданной температуре. Контакты Б. р. укреплены: один на неподвижном основании, а другой на прижатой к нему пластинке, составленной из двух полосок металлов с разными коэффициентами теплового расширения. При нагревании эта пластинка изгибается и контакты Б. р. расходятся, размыкая цепь, в которую они включены. Б. р. применяются в качестве ограничителя тока (вместо плавких предохранителей), в качестве терморегуляторов в термостатах и т. д.

Бинауральный эффект — способность определения на слух направления на источник звука. Если последний расположен под некоторым углом к слушателю, то при излучении низких *звуковых частот* длина звуковой волны значительно превосходит поперечник головы человека, звуковая волна огибает голову и *звуковые колебания* воздействуют на оба уха слушателя. Однако длина пути звуковой волны до левого и правого уха различна. Вследствие этого волна, проходящая больший путь, запаздывает, и одно ухо воспринимает звук раньше другого. Этот сдвиг во времени позволяет определять направление на источник звука. При более высоких частотах голова начинает оказывать экранирующее действие, и ухо, обращенное в сторону источника звука, воспринимает более громкий звук, чем другое. Эта разница в громкостях также обусловливает определение направления на источник звука.

Б. э. имеет существенное значение в процессе слухового восприятия, создавая ощущение акустической перспективы. Присутствуя в концертном зале, мы можем на слух определить расположение отдельных инструментов в оркестре, что создает возможность пространственного восприятия звучания. Восприятие звуковой панорамы при электроакустической передаче речи или музыки в известной степени сохраняется при *стереофоническом радиовещании*, создавая у радиослушателя ощущение, близкое к непосредственному прослушиванию звучания в первичном *звуковом поле*.

Бионика — научное направление, предметом исследования которого является использование принципов построения и функционирования биологических систем и их элементов для совершенствования существующих и создания новых технических устройств и систем. В широком смысле понятие Б. включает использование живой природы как прототипа во всех областях науки и техники (химические производства, теплотехника, аэродинамика и гидродинамика, механические конструкции, радиоэлектронные схемы и т. д.). Однако в первую очередь Б. занимается вопросами перенесения в технику механизмов управления, действующих в живой природе, т. е. механизмов восприятия, хранения, переработки, передачи и использования информации. При этом Б. можно рассматривать как раздел кибернетики.

Кибернетическая техника за двадцатилетний период развития достигла значительных успехов и по некоторым параметрам (точность, быстродействие) существенно превосходит биологические системы. Однако техническим устройствам присущ ряд недостатков: 1) сложность реализации свойств приспосабливаемости к непредвиденным ситуациям; 2) практическая невозможность решения при современном уровне техники некоторых задач, которые человек решает относительно легко и просто; 3) недостаточная надежность, снижающаяся с усложнением задач и соответственным усложнением систем;

4) значительные габариты, низкая экономичность и др.

Наряду с инженерными и логическими методами совершенствования средств кибернетической техники возможен и другой — бионический — путь, на котором в качестве прообраза при создании сложных кибернетических систем используются принципы организации, функционирования и регуляции, заимствованные у живых организмов.

Совершенство структуры и функций живых организмов обусловлено их длительной эволюцией и естественным отбором, в результате чего выработались исключительное совершенство и высокая надежность физиологических механизмов и их динамическая приспособляемость к непрерывно изменяющимся условиям внешней среды. Однако при создании полезных для практики бионических моделей отнюдь не стремятся к слепому заимствованию всех характеристик биологических организмов, а производят критический отбор их полезных свойств. Так, необходимость отдыха всего организма, его органов и каждой отдельной живой клетки для пополнения энергетических ресурсов, как правило, нецелесообразно воспроизводить в технических системах, так как применяемые способы подвода энергии позволяют обеспечить значительно большее их быстродействие.

В настоящее время наибольшее развитие получили бионические исследования в следующих областях: 1) рецепторы и анализаторы, в первую очередь органы зрения и слуха и их технические модели; 2) *нервные сети* и нервные клетки *(нейроны)* и их технические модели; 3) информационные процессы в человеке и животных в целом, исследование и моделирование принятия решений *(эвристическое программирование)* с целью построения и программирования сложных информационных систем; 4) различные самообучающиеся и самоорганизующиеся системы, в частности устройства для опознания образов *(узнающие машины, перцептроны)*; 5) системы стабилизации, ориентации и навигации живых организмов (птиц, летучих мышей, рыб и др.) и построение технических устройств на заимствованных у них принципах; 6) исследование биомеханических характеристик (полет птиц и насекомых), гидромеханических свойств (рыб и некоторых морских животных) и энергетических процессов биологических организмов с целью использования их при создании технических устройств.

Наиболее ярким примером совершенства биологических систем является структура, организация и функционирование нервной системы, *моделированию* которой в Б. уделяется особое внимание. Широкое распространение получили многочисленные модели нейронов *(артрон, адалин, нейристор, мемистор* и др.) и нервных сетей. Исключительно велики перспективы технического моделирования биологической памяти, характеризующейся колоссальной емкостью, гибкостью и надежностью. Так, емкость памяти человека оценивается в 10^{15}—10^{20} дв. ед. при объеме мозга всего около 1,5 *дм*^{3} и расходе энергии порядка единиц — десятков ватт. Показатели лучших оперативных *запоминающих устройств* весьма далеки от этих характеристик. Другой весьма важной отличительной особенностью биологической памяти является то, что процессы хранения информации здесь совмещаются с процессами ее логической обработки. Попытки технической реализации этих свойств привели к созданию так называемых *ассоциативных запоминающих устройств*.

Важнейшим свойством живых организмов является их приспособляемость к окружающей среде, что выражается в способности к обучению и самоорганизации. В техниче-

ских системах аналогичными свойствами стремятся наделить так называемые *обучаемые системы*, *самонастраивающиеся автоматические системы* и самоорганизующиеся системы. Самоорганизация может осуществляться методом *автоматического поиска*, при котором результаты могут оцениваться по принципу «проб и ошибок». Такие системы приближаются к биологическим системам, в которых действуют механизмы *гомеостазиса*.

Важную роль в Б. играет исследование неясных пока биологических информационных систем, таких, как системы связи у мотыльков и бабочек, ультразвуковая связь и ориентация рыб и водных млекопитающих, «язык» пчел, физиология «биологических часов», ультразвуковая локация летучих мышей и др. Реальными результатами, достигнутыми в Б., являются также гиротроны, разработанные по аналогии с органами стабилизации насекомых; поляризованный солнечный компас как аналог предполагаемого механизма ориентировки по солнцу птиц и насекомых; различные варианты искусственных мышц и др.

Б. находится сейчас в самой ранней стадии развития и дальнейшие успехи ее определяются прежде всего темпами более глубокого познания структуры живых организмов и механизмов биологических процессов.

Бит — то же, что двоичная единица информации. Этот термин употребляется в англо-американской технической литературе; он является сокращением слов binary digit (двоичная цифра).

Блик механической записи — светлая полоса, получаемая при освещении вращающейся граммофонной пластинки скользящим пучком параллельных лучей. Ширина Б. м. з. пропорциональна произведению амплитуды записи на частоту записанного колебания. Чем шире Б. м. з., тем громче воспроизводится запись, т. е. тем больше уровень записи. По ширине Б. м. з. можно судить о частотной характеристике записывающего устройства, а тем самым о качестве записи.

Блок конденсаторов переменной емкости — несколько *конденсаторов* переменной емкости, подвижные системы (роторы) которых насажены на общую ось. Б. к. п. е. служит для одновременной настройки нескольких колебательных контуров с помощью одной ручки.

Блокинг-генератор — *релаксационный генератор импульсов* с трансформаторной обратной связью. Б. строятся на лампах или транзисторах и могут работать в автоколебательном и ждущем режимах. Б. используются для получения мощных импульсов прямоугольной формы различной длительности (обычно в пределах 0,05—25 *мксек*), повторяющихся с относительно большой *скважностью*.

Блокинг-генератор ламповый — *блокинг-генератор*, построенный на *электронных лампах*. Схема Б. л. изображена на рис. *а*. В *ждущем режиме* напряжение смещения на сетке лампы E_g выбирается отрицательным и достаточным по величине для запирания лампы; в автоколебательном режиме E_g равно нулю либо положительно.

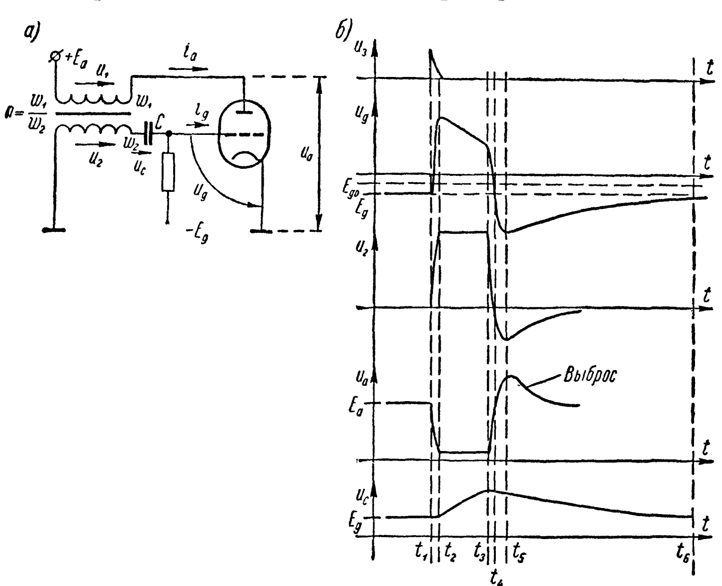
В исходном состоянии ждущего Б. л. конденсатор C заряжен до E_g, токи в первичной и вторичной обмотках импульсного трансформатора равны нулю, анодное напряжение равно $E_а$ (см. рис. *б*).

Для запуска Б. л. необходимо каким-либо образом ввести в цепь сетки положительный импульс, например, с помощью дополнительной обмотки трансформатора, и отпереть лампу.

С отпиранием лампы (в момент t_1) появляется анодный ток и, следовательно, ток в первичной (анодной) обмотке. Обмотки трансформатора включены так, чтобы обратная связь была положительной, т. е.

при росте тока $i_а$ напряжение u_2 на сеточной обмотке положительно. Поэтому с появлением анодного тока возникает положительное напряжение u_2, что приводит к росту напряжения u_g на сетке и к дальнейшему возрастанию анодного тока. С ростом напряжения u_2 и напряжения u_1 на первичной обмотке

После опрокидывания в схеме блокинг-генератора происходят относительно медленные процессы заряда конденсатора C протекающим через него сеточным током лампы и роста магнитного потока трансформатора, обусловленного тем, что к его обмоткам приложены напряжения u_1 и u_2.



падает напряжение на аноде лампы. Таким образом, в схеме развивается лавинообразный процесс нарастания токов лампы и напряжений на обмотках трансформатора, сетке лампы и спада анодного напряжения. Этот процесс происходит до тех пор, пока действие обратной связи не будет ограничено нелинейностью лампы. В момент t_2 усиление по цепи обратной связи становится меньше единицы, завершается формирование фронта и процесс опрокидывания, анодный и сеточный токи достигают весьма больших значений по сравнению со значениями при работе лампы в непрерывном режиме.

Рост магнитного потока эквивалентен росту тока намагничивания $i_m = i_a - \frac{1}{n} i_g$ (n — коэффициент трансформации). Рост разности анодного и сеточного токов может иметь место только при спаде сеточного напряжения u_g.

При соответствующем выборе параметров скорость роста напряжения u_c на конденсаторе примерно равна скорости спада u_g, поэтому $u_2 = u_c + u_g$ будет почти постоянным и напряжение $u_а = E_а - u_1 = E_а - nu_2$ также будет постоянным, т. е. на аноде и на обмотках трансформатора формируются импульсы с плоскими вершинами.

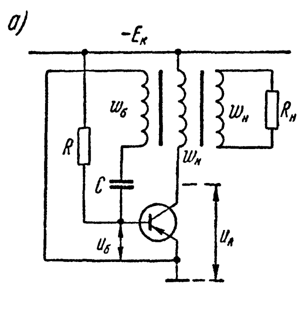
В момент t_3 коэффициент усиления по петле обратной связи вновь превышает единицу, восстанавливается действие положительной обратной связи и в схеме возникает лавинообразный процесс обратного опрокидывания, завершающийся запиранием лампы. В момент окончания импульса ток намагничивания (и магнитный поток) трансформатора отличен от нуля; спадом этого тока объясняется выброс (обратный всплеск) напряжения на аноде и сетке лампы.

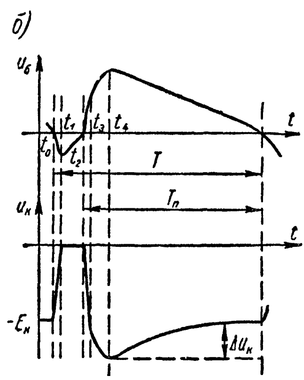
К моменту окончания импульса напряжение на конденсаторе превышает значение E_g, и теперь, после запирания лампы, конденсатор C разряжается через сопротивление R_g. После разряда конденсатора восстанавливается исходное состояние блокинг-генератора и можно начинать новый цикл работы.

Если $E_g \geqslant 0$, то блокинг-генератор работает в автоколебательном режиме: по мере разряда конденсатора через R_g растет u_g, и в тот момент, когда u_g становится равным потенциалу отпирания лампы E_{g0}, лампа отпирается и начинается новый цикл работы блокинг-генератора.

Период автоколебаний можно изменять путем изменения емкости C и сопротивления R_g.

Блокинг-генератор транзисторный — *блокинг-генератор*, построенный на транзисторах. На рис. *а* приведена схема Б. т., работающего в автоколебательном режиме, и временна́я диаграмма коллекторного напряжения. Рассмотрение процессов в Б. т. начнем с того момента, когда напряжение на конденсаторе C имеет положительную полярность и достаточно большую величину; при этом транзистор заперт, его коллекторное напряжение равно $E_к$ и конденсатор C разряжается через сопротивление R (и частично через цепь базы — обратным током $I_{к. о}$).





По мере разряда конденсатора падает напряжение на базе $u_б$, и в момент t_0, когда $u_б$ достигает нулевого уровня, отпирается транзистор; возрастающий коллекторный ток наводит в базовой обмотке $w_б$ э. д. с. отрицательной полярности, вызывающую дальнейшее форсированное отпирание транзистора. Таким образом, в схеме развивается лавинообразный процесс, завершающийся в момент t_1 насыщением транзистора и прекращением действия обратной связи. Напряжение $u_к$ на этой стадии ($t_0 \div t_1$) возрастает от $-E_к$ практически до нуля.

Длительность фронта нарастания напряжения зависит как от инер-

ционных свойств транзисторов, так и от паразитных параметров (в основном от паразитных емкостей) схемы; обычно длительность фронта составляет доли или единицы микросекунд.

В интервале $t_1 - t_2$ происходит рассасывание накопленных в базе неосновных носителей за счет роста коллекторного тока (обусловленного ростом тока намагничивания трансформатора) и спада тока базы (обусловленного зарядом конденсатора C током базы). На этой стадии коллекторное напряжение почти равно нулю и формируется вершина импульса. К моменту t_2 заряд неосновных носителей в базе уменьшится до такого уровня, что транзистор выходит из состояния насыщения. С восстановлением усилительных свойств транзистора восстанавливается действие обратной связи, и в схеме возникает лавинообразный процесс запирания транзистора: спад коллекторного тока обусловливает появление в базовой обмотке э. д. с. положительной полярности, вызывающей дальнейшее форсированное запирание транзистора в интервале времени $t_2 - t_3$. После запирания транзистора в схеме происходят два процесса. Первый связан с рассеянием энергии, накопленной в магнитном поле трансформатора; этот процесс обусловливает выброс напряжения $\Delta u_к$ на обмотках трансформатора и на коллекторе транзистора. Второй процесс связан с разрядом конденсатора C; по мере разряда C падает напряжение $u_б$ и повторяется рассмотренный цикл работы.

Благодаря тому что вершина импульса формируется при работе транзистора в режиме глубокого насыщения, можно с помощью маломощных транзисторов получать токи в импульсе до сотен миллиампер или нескольких ампер, если только импульсы следуют с относительно большой *скважностью.*

Длительность паузы $T_п$ между импульсами примерно равна

$$T_п \approx CR \ln\left(1 + \frac{1}{n}\right),$$

где $n = w_к/w_б$ — коэффициент трансформации, принимаемый обычно равным четырем — шести.

Последняя формула получена в предположении, что при разряде конденсатора C можно не считаться с обратным током $I_{к.\,о}$, т. е. что $I_{к.\,о} R \ll E_к$. В противном случае $T_п$ зависит от $I_{к.\,о}$, а следовательно, и от температуры.

Период автоколебаний T равен сумме длительности импульса $t_и$ и длительности паузы $T_п$. Длительность $t_и$ формируемого импульса находится в прямой зависимости от индуктивности намагничивания L трансформатора, емкости C и приведенного сопротивления нагрузки $R'_н$, так как от этих величин зависит скорость изменения или величина токов коллектора и базы, а следовательно, и длительность рассасывания. Обычно $t_и \ll T_п$ (например, $t_и = 10$ *мксек*, $T_п = 200 \div 500$ *мксек*), и поэтому принимают $T \approx \approx T_п$.

Для получения *ждущего режима* следует ввести положительное смещение в цепь базы. Запуск ждущего Б. т. осуществляется подачей управляющего импульса отрицательной полярности в цепь базы транзистора либо непосредственно, либо с помощью специальной дополнительной обмотки импульсного трансформатора. Выходной импульс снимается либо непосредственно с коллектора, либо с помощью специальной обмотки.

Блокировка высоких напряжений — применение выключателей в цепях высокого напряжения приборов, автоматически разрывающих эти цепи при снятии крышек, открывании дверок приборов и т. п. Б. в. н. исключает опасность случайного прикосновения к проводам, находящимся под высоким на-

пряжением (при смене ламп, проверке и ремонте включенных приборов и т. п.).

Блокировочный конденсатор — конденсатор, преграждающий путь токам более низкой частоты или постоянному току и создающий путь с малым сопротивлением для токов более высокой частоты.

Блок-схема — то же, что *скелетная схема.*

Блок-схема программы — графическое изображение *программы* решения задачи. Б. п. состоит из совокупности линий, кругов, прямоугольников и других геометрических фигур, принятых как условные обозначения для различных операторов, связей и этапов вычисления. Кроме того, Б. п. сопровождается надписями и пояснениями, позволяющими понять программу другому программисту, не принимавшему участия в составлении данной программы. Б. п. дает возможность наглядно представить структуру всей программы и последовательность вычислений; в Б. п. указываются все логические этапы вычислений и другие узловые моменты.

Богуславского — Ленгмюра закон — установленный независимо русским физиком Богуславским и американским физиком Ленгмюром закон, связывающий величину анодного тока электронной лампы с напряжением на ее аноде. Согласно этому закону величина анодного тока (в области, далекой от насыщения) пропорциональна напряжению на аноде лампы в степени $^3/_2$.

Боковые полосы — полосы частот, соответствующих колебаниям *боковых частот* в спектре модулированного колебания. При амплитудной модуляции каждая Б. п. занимает участок, равный всей полосе частот передаваемых колебаний. При частотной модуляции ширина Б. п. зависит как от частоты модуляции, так и от *девиации частоты.* Если частота модуляции гораздо больше, чем девиация частоты, то ширина Б. п. определяется главным образом частотой модуляции (как и в случае амплитудной модуляции). Если же, наоборот, частота модуляции гораздо меньше, чем девиация частоты, то ширина Б. п. определяется в основном девиацией частоты.

Боковые частоты — частоты колебаний, присутствующих в спектре *модулированных колебаний* наряду с несущим колебанием. Б. ч. отличаются от несущей на величину, равную или кратную частоте модуляции, и (в случаях простых типов модуляции — амплитудной или частотной) расположены в спектре симметрично, по обе стороны от несущей частоты.

Болевой порог — максимально допустимая величина *звукового давления*, превышение которой вызывает боль в ушах слушателя. Б. п. различен при разных частотах звуковых колебаний. Б. п. при частоте 1000 *гц* называется стандартным и соответствует давлению 200 *бар* и *силе звука* 10^{-4} *вт/см*^{2} (см. *Громкость*).

Болометр — прибор для измерения мощности электромагнитного излучения. Он состоит из одной или нескольких тонких металлических ленточек, помещенных в сосуд, из которого выкачан воздух. Ленточка поглощает падающее на нее излучение, и температура ее повышается, вследствие чего увеличивается электрическое сопротивление ленточки. (Для повышения поглощения излучения поверхностью ленточки принимаются специальные меры.) По изменению сопротивления ленточки, измеряемому с помощью *моста*, можно определить ее температуру, а вместе с тем и поглощаемую мощность. Б. применяются также для измерений малых мощностей в диапазоне самых коротких радиоволн. В этом диапазоне для той же цели используются *термисторы.*

Бонч-Бруевич Михаил Александрович (1888—1940) — «крупнейший

работник и изобретатель в радиотехнике», как характеризовал его В. И. Ленин.

Бонч-Бруевич — один из пионеров и основоположников русской и советской радиотехники, член-корреспондент АН СССР. Родился в г. Орле, детство и юность провел в Киеве. В юности увлекался радиотехникой, построил дома радиопередатчик и радиоприемник по схеме А. С. Попова. Учился в Петербургском военно-инженерном училище, по окончании которого (1909 г.) служил в одной из первых радиочастей русской армии — 2-й Сибирской роте искрового телеграфа, расположенной в г. Иркутске. В 1912 г. поступил в офицерскую электротехническую школу в Петербурге, по окончании которой был назначен (1914 г.) помощником начальника Тверской приемной радиостанции, где работал над созданием отечественных электронных ламп и вел опыты по радиотелефонированию. С 1918 г. руководил работами *Нижегородской радиолаборатории.* Здесь он создал первые в мире мощные электронные лампы и построил ряд радиотелефонных станций.

В значительной степени благодаря трудам коллектива ученых Нижегородской радиолаборатории, возглавляемого Б.-Б., и его личным изобретениям в нашей стране были достигнуты большие успехи в области радиотелефонии и радиовещания.

Б.-Б. был инициатором развития коротковолновой связи. На основе его работ в 1924 г. была организована магистральная связь на коротких волнах Москва — Ташкент, а затем Москва — Иркутск. Он первый ввел в практику работу на «дневной» и «ночной» волнах и совместно с В. В. Татариновым разработал оригинальную систему коротковолновых антенн.

После переезда в Ленинград (1929 г.) Б.-Б. продолжал исследования распространения коротких волн и строения ионосферы, читал курс радиотехники в Электротехническом институте связи, который впоследствии был назван его именем.

В последние годы жизни Б.-Б. занимался работами в области ультракоротких волн, рупорных антенн, волноводов и многокамерных магнетронов. Написал и опубликовал свыше 80 научных трудов, среди них капитальный труд «Короткие волны». Им запатентовано и передано в промышленность более 60 изобретений в области радио.

Брауна трубка — см. *Электронно-лучевая трубка.*

Буквопечатающий радиоприем — прием радиотелеграфных сигналов с помощью буквопечатающего аппарата, т. е. устройства, в котором принимаемые радиотелеграфные сигналы, соответствующие определенным буквам, воспроизводятся сразу в виде этих букв на ленте аппарата.

Булева алгебра — *алгебра логики* в том виде, как ее разработал английский математик Дж. Буль. В литературе по вычислительной технике Б. а. называются разнообразные варианты алгебраической или арифметической интерпретации исчисления высказываний (один из разделов математической логики).

Буферная батарея — аккумуляторная батарея, включаемая параллельно с источником постоянной э. д. с. Применение Б. б. особенно целесообразно в тех случаях, когда источник постоянной э. д. с. может работать непрерывно, отдавая небольшой ток, а нагрузка включается время от времени и потребляет при этом большой ток. Заряжаясь от источника э. д. с. в то время, когда нагрузка выключена, Б. б. отдает ток в нагрузку, когда она включена в цепь. Иногда Б. б. применяются для сглаживания колебаний напряжения при работе генератора постоянного тока или выпрямителя.

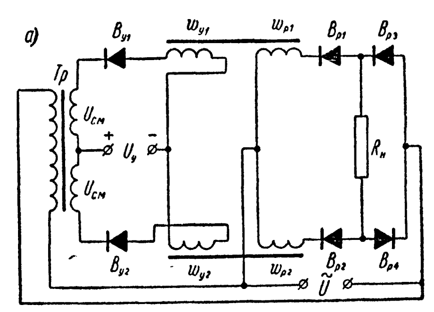
Буферный каскад — *каскад усиления,* применяемый, например, в

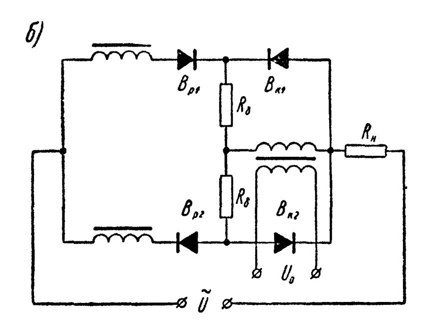
ламповых генераторах и усилителях не только для целей усиления, но и для устранения обратного влияния последующего каскада усиления на предыдущий, или вообще устранения влияния нагрузки на источник, питающий эту нагрузку.

Буферный регистр — *регистр*, который служит для связи различных блоков цифровой вычислительной машины. Б. р. позволяет производить обмен информацией между блоками, работа которых во времени не согласована, или если темп работы этих блоков различен, или в случае, когда электрические сигналы, представляющие передаваемый код, имеют различную природу в одном и в другом блоке.

Быстродействующие магнитные усилители — особая группа *магнитных усилителей* с очень малым запаздыванием. Это запаздывание лежит в пределах от 0,5—1,5 периода рабочей частоты. Обычный магнитный усилитель не является быстродействующим, так как обладает инерционным запаздыванием, определяемым постоянной времени обмотки управления.

Простейший Б. м. у. выполняется на двух сердечниках (см. рис. *а*). Он имеет две обмотки управления ($w_{у1}$ и $w_{у2}$) и две рабочие обмотки ($w_{р1}$ и $w_{р2}$). Связь между обмотками управления устраняется благодаря тому, что они подключаются к входному напряжению ($U_у$) поочередно только в свой управляющий полупериод. В качестве переключающих устройств используются вентили ($B_{у1}$ и $B_{у2}$), которые поочередно запираются синхронно с напряжением питания под действием напряжения смещения $U_{см}$. В один полупериод запирается вентиль $B_{у2}$ в цепи обмотки $w_{у2}$; в другой полупериод, наоборот, заперт $B_{у1}$ и проводит $B_{у2}$. Напряжение смещения $U_{см}$ одновременно коммутирует вентили: при $U_у = 0$ оно создает максимальное размагничивание сердечников, обеспечивая при этом отсутствие тока в нагрузке. Входной сигнал $U_у$ при возрастании, действуя против $U_{см}$, уменьшает размагничивание сердечников. Это приводит к увеличению тока в сопротивлении нагрузки $R_н$.





Б. м. у. могут использоваться как для усиления постоянных и медленно изменяющихся сигналов, так и для усиления сигналов рабочей частоты. Напряжение сигнала рабочей частоты должно подаваться при этом последовательно с $U_{см}$ или вместо него. Находят широкое применение Б. м. у. с выходом переменного тока.

Для обеспечения быстродействия и устранения инерции выходных цепей в рабочие цепи таких Б. м. у. вводят управляемые вентили $B_{к1}$ и $B_{к2}$ (см. рис. *б*). Они поочередно подключают нагрузку к напряжению питания через рабочую обмотку того сердечника, для которого

данный полупериод является рабочим. Коммутация рабочей цепи осуществляется при помощи поочередного запирания вентилей напряжением U_0. Сопротивления $R_б$ являются балластными сопротивлениями, ограничивающими токи, создаваемые коммутационным напряжением U_0.

Благодаря тому, что Б. м. у. обладают очень малой фиксированной временно́й задержкой, их применяют во всевозможных управляющих и вычислительных устройствах дискретного действия, работающих по тактам.

В

Вакуум — пространство, содержащее газ в сильно разреженном состоянии. В *электровакуумных приборах* В. необходим для того, чтобы газ не препятствовал движению электронов от катода к другим электродам. Для этого длина свободного пробега электрона (т. е. расстояние, которое он в среднем проходит от начала движения до столкновения с молекулой газа) должна быть больше размеров электровакуумного прибора. Длина свободного пробега электрона обратно пропорциональна давлению газа, и чтобы эта длина превышала размеры прибора, давление газа в нем должно быть очень мало — в миллиарды раз меньше атмосферного.

Современная вакуумная техника позволяет получить очень высокий В. Давление остатка газа в объеме может быть снижено до требуемой величины (миллионных долей миллиметра ртутного столба). Однако даже при таком В. в 1 *см*³ объема содержатся еще миллиарды молекул газа. Такую плотность имеет атмосфера Земли примерно на высоте нескольких сот километров (в межзвездном пространстве на больших расстояниях от небесных тел плотность газа не превосходит одного атома на 1 *см*³ пространства).

Для получения высокого В. в каком-либо баллоне нужно откачать (вакуумными насосами) не только заключенный в нем газ, но и газ, захваченный его стенками и поглощенный телами, находящимися внутри баллона (например, электродами лампы). В противном случае стенки и тела будут постепенно отдавать поглощенный ими газ и ухудшать В.

Для обезгаживания тел применяются специальные методы, главным образом нагревание при одновременной откачке. Кроме того, внутрь баллона помещают вещества, сильно поглощающие газы (геттеры) и тем самым обеспечивающие сохранение высокого В. на длительное время. Длительное сохранение высокого В. в больших объемах представляет очень сложную задачу, так как места соединения стенок, ограничивающих объем, спаев металла со стеклом и т. п. не могут быть сделаны абсолютно непроницаемыми для газов. Поэтому в таких случаях применяются постоянно действующие вакуумные насосы, соединенные с объемом, в котором должен поддерживаться высокий В.

Вакуумный термоэлемент — *термоэлемент*, заключенный в баллон, из которого выкачан воздух, вследствие чего исключаются потери тепла термоэлементом через воздух. Поэтому В. т. при прочих равных условиях нагревается сильнее и дает бо́льшую термо- э. д. с., т. е. более чувствителен, чем такой же термоэлемент, окруженный воздухом.

Вакуумный фотоэлемент — см. *Фотоэлемент.*

Валентная зона — см. *Зонная теория.*

Варактор — одно из названий *варикапа*, используемое главным образом по отношению к диодам с малой *барьерной емкостью* (до 3—10 *пф*), предназначаемым для рабо-

ты в *параметрических усилителях* сверхвысокочастотного диапазона (см. *Параметрический диод*).

Вариак — регулируемый трансформатор, в котором можно плавно (точнее, малыми скачками) изменять число включенных в схему витков вторичной обмотки и тем самым изменять напряжение, даваемое трансформатором, или компенсировать изменения напряжения питающей сети, чтобы поддерживать заданное напряжение на выходе В. Обычно В. выполняется по схеме *автотрансформатора*.

Варикап — *полупроводниковый диод*, предназначенный для работы в качестве управляемой или нелинейной (т. е. зависящей от приложенного напряжения) емкости. Действие В. основано на зависимости *барьерной емкости* от величины приложенного к диоду *обратного напряжения*.

В режиме управляемой емкости переменная составляющая напряжения на В. мала по сравнению с постоянным управляющим напряжением. При этом емкость В. в цепи переменного тока подобна обычной линейной емкости и В. может использоваться вместо конденсатора переменной емкости (например, для настройки колебательного контура) или вместо реактивной лампы (для *автоматической подстройки частоты*, *частотной модуляции* и т. п.).

В режиме нелинейной емкости постоянное напряжение на В. мало или отсутствует вовсе, а переменное напряжение должно быть достаточно большим (обычно более 1 *в*). При этом в цепи с В. появляются составляющие тока новых частот и возможно эффективное решение разнообразных задач нелинейной радиотехники (*умножение* и *деление частоты*, *параметрическое усиление* и т. п.).

Вариконд — конденсатор, емкость которого можно изменять, изменяя подводимое к конденсатору постоянное напряжение. С этой целью в качестве диэлектрика в В. применяются *сегнетоэлектрики*, диэлектрическая проницаемость которых зависит от напряженности электрического поля.

Варимю — *лампа с удлиненной характеристикой*.

Вариометр — устройство, включаемое в электрическую цепь с целью плавного изменения величины ее индуктивности. Наиболее распространенный тип В. представляет собой две катушки индуктивности, обычно включенные последовательно, взаимное расположение, а значит и взаимная индуктивность которых могут изменяться в широких пределах. Общая индуктивность цепи, состоящей из включенных последовательно двух катушек, равна

$$L = L_1 + L_2 + M_{12},$$

где L_1 и L_2 — индуктивности каждой катушки в отдельности, а M_{12} — взаимная индуктивность двух катушек. При изменении взаимной индуктивности M_{12} в пределах от 0 до $\pm M_{\text{макс}}$ (знаки + и — соответствуют, например, повороту одной из катушек относительно другой на 180°) общая индуктивность L изменяется от $L_{\text{макс}} = L_1 + L_2 + M_{\text{макс}}$ до $L_{\text{мин}} = L_1 + L_2 - M_{\text{макс}}$. Таким образом, пределы изменения индуктивности В. тем шире, чем больше $M_{\text{макс}}$.

В качестве В. применяются также катушки индуктивности с вдвигающимся и выдвигающимся сердечником из *магнитодиэлектрика*. Общая индуктивность в этой системе В. изменяется в μ раз, где μ — магнитная проницаемость магнитодиэлектрика.

Вариометр связи — см. *Взаимоиндукция*.

Варистор — общее название элемента, обладающего нелинейной *вольт-амперной характеристикой* (см. *Нелинейное сопротивление*). К В. относится большинство полупроводниковых, электронных и ионных приборов. Представление о В. полезно при обобщенном рассмо-

трении определенного класса задач нелинейной радиотехники.

Введенский Борис Алексеевич — специалист в области радиофизики и радиотехники, Герой Социалистического Труда, академик, лауреат Государственной премии и Золотой медали имени А. С. Попова. Родился в 1893 г. в Москве; в 1915 г. окончил физико-математический факультет Московского университета. Радиотехникой интересовался со школьной скамьи. Работа под руководством М. В. Шулейкина в Военной радиолаборатории окончательно определила направление деятельности В.

В 1920 г. он участвует в экспедиции по измерению напряженности поля московских радиостанций и занимается теорией работы схем с электронными лампами. В 1924 г. вышла его книга «Физические явления в катодных лампах», выдержавшая четыре издания. В эти годы В. преподает в Московском государственном университете и других высших учебных заведениях, а с 1928 г. по 1935 г. — во Всесоюзном электротехническом институте, где под его руководством разрабатывались методы генерации, приема и измерений в метровом диапазоне.

В итоге изучения распространения УКВ Б. А. Введенский в 1928 г. предложил так называемую квадратичную формулу. В ней впервые были выражены основные законы распространения ультракоротких волн над земной поверхностью в пределах прямой видимости между передающей и приемной радиостанциями. В. рассмотрел и осветил вопрос о преимуществах, получаемых в результате подъема антенн УКВ передатчика и приемника над поверхностью Земли.

Под руководством В. была построена в 1929 г. радиовещательная УКВ станция (впоследствии РВ-61) и проводились первые опыты связи на дециметровых волнах в экспедициях на Черном море (1932—1933 гг.). Эти опыты показали возможность распространения УКВ над горизонтом, т. е. за пределами прямой видимости (дифракционное распространение), и позволили установить зависимость распространения УКВ от метеорологических условий (явление сверхрефракции).

В 1934—1937 гг. В. опубликовал ряд работ по теории распространения УКВ и дифракции радиоволн, в которых предложил первую формулу, пригодную для подсчета напряженности поля УКВ за горизонтом.

В 1941—1946 гг. В. работал в Физическом институте АН СССР. В 1946—1953 гг. он — член Президиума АН СССР и с 1946 по 1951 г. — академик-секретарь Отделения технических наук АН СССР. С 1947 по 1950 г. — председатель Всесоюзного научного Совета по радиофизике и радиотехнике АН СССР. С 1953 г. работает в Институте радиотехники и электроники АН СССР. С 1951 г. — Главный редактор Большой Советской энциклопедии.

Ввод антенны — провод, который служит для соединения нижнего конца антенны (снижения) с приборами передатчика или приемника. Так как антенна обычно расположена снаружи здания, а передатчик и приемник внутри, то В. а. в соответствующей изоляции должен быть проведен сквозь стену здания.

Вебера—Фехнера закон — закон, устанавливающий количественную связь между мощностью звуковых волн, воздействующих на ухо человека, и громкостью звукового восприятия. Чтобы установить эту связь, нужно количественно характеризовать громкость звукового восприятия. Это делается следующим образом. За начальный уровень принимается та наименьшая сила звука, которая соответствует порогу звукового ощущения (ниже которой ухо перестает ощущать звук). Усиливая мощность звуковых волн, замечают, когда ухо

ощущает усиление звука, и эту громкость звука принимают равной единице (над начальным уровнем). Продолжая увеличивать мощность звуковых волн, замечают, когда ухо ощущает усиление звука над уровнем, принятым за единицу, и громкость в этот момент принимают равной двум единицам. Увеличивая дальше мощность звуковых волн и замечая, когда ухо ощущает новое приращение громкости звука, мы получим соответственно громкость в три единицы, четыре единицы и т. д.

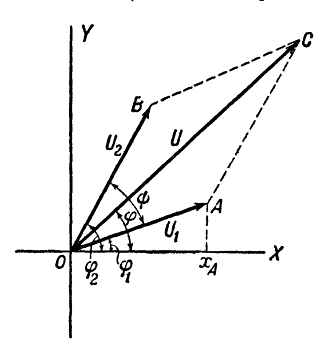
Установив способ количественной оценки громкости звукового восприятия, можно на опыте установить количественную связь между громкостью звукового восприятия и мощностью звуковых волн. Последняя может быть определена разными методами, например по измерению *звукового давления*. Опыт показывает, что для изменения громкости звука на одну единицу, выбранную, как указано выше, нужно изменять мощность звуковых волн на одну и ту же относительную величину. Иначе говоря, когда мощность звуковых волн меняется по геометрической прогрессии, громкость звукового восприятия меняется по арифметической прогрессии. Такой связи между двумя величинами соответствует логарифмическая зависимость между ними. Следовательно, если через J обозначить мощность звуковых волн, а через E громкость звукового восприятия, то

$$E = C \ln \frac{J}{J_0},$$

где J_0 — мощность звуковых волн, соответствующая порогу звукового ощущения, а C — некоторый постоянный множитель, который определяется из того же описанного выше опыта.

В. — Ф. з. справедлив не только для звуковых, но и для других ощущений, например зрительных. Если количественная оценка ощущения производится так, как указано выше, то между величиной воздействия и силой ощущения получается логарифмическая зависимость. Поэтому В. — Ф. з. называют также основным законом физиологического восприятия.

Векторные диаграммы — метод графического расчета напряжений и токов в цепях переменного тока, в котором напряжения и токи символически изображаются с помощью векторов. В основе метода В. д. лежит тот факт, что всякую величину, меняющуюся по гармоническому закону (см. *Гармонические колебания*), можно определить

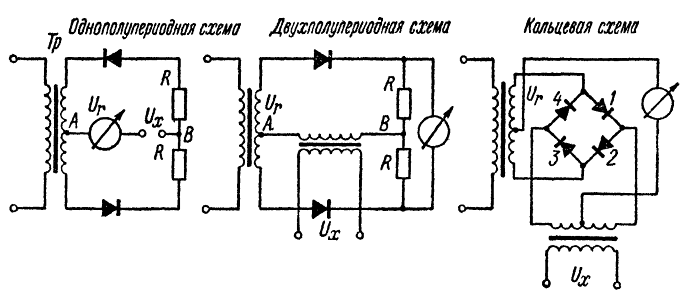


как проекцию на какое-то выбранное направление вектора, равномерно вращающегося вокруг своей начальной точки с угловой скоростью, равной угловой частоте колебаний изображаемой переменной величины. Поэтому всякое переменное напряжение (или переменный ток), меняющееся по гармоническому закону, можно изображать с помощью такого вектора, причем длина вектора OA (см. рис.) в определенном масштабе изображает амплитуду напряжения U_1, длина отрезка Ox_A — мгновенное значение напряжения в том же масштабе, а угол φ_1 — начальную фазу этого напряжения.

Если в цепи действуют два напряжения U_1 и U_2 одной и той же частоты, то U_2 изобразится векто-

ром, вращающимся с той же скоростью, но имеющим длину OB, соответствующую амплитуде U_2, и образующим с направлением OX угол φ_2, равный начальной фазе второго напряжения. Так как оба вектора вращаются с одинаковой скоростью, то их взаимное расположение не изменяется и угол ψ представляет собой постоянный сдвиг фаз между напряжениями U_2 и U_1. Чтобы найти результирующее напряжение, нужно сложить векторы OA и OB, т. е. найти диагональ параллелограмма, построенного на этих векторах. Следовательно, амплитуда результирующего напряжения U определяется длиной вектора OC, а начальная фаза этого напряжения — углом φ. Таким же образом может быть найдена сумма двух текущих в одной цепи гармонических токов одинаковой частоты, но сдвинутых по фазе. Из того что гармонические напряжения (или токи) складываются геометрически, сразу видно, что амплитуда результирующего напряжения (или тока) меньше суммы амплитуд составляющих напряжений (или токов), кроме того специального случая, когда сдвиг фаз между составляющими напряжениями (или токами) равен нулю.

Векторомерные устройства (схемы) — измерительные устройства переменного тока, позволяющие измерять не только амплитуду, но и фазу переменных сигналов. Все В. у. строятся при помощи диодов и делятся на однополупериодные и двухполупериодные (см. рис.). В однополупериодных В. у. два диода включены последовательно с нагрузочным сопротивлением R и трансформатором $Тр$. Диоды работают под большой нагрузкой. Внешние цепи присоединяются к двум равнопотенциальным точкам замкнутого контура. Обе половины вторичной обмотки трансформатора $Тр$ должны создавать управляющее напряжение значительно больше измеряемого U_x. Значения управляющего напряжения и сопротивлений выбираются такими, чтобы каждый из диодов работал на линейном участке *вольт-амперной характеристики*. В этом случае среднее значение выпрямленного напряжения в каждой из цепей пропорционально действующему значению разности выпрямленных напряжений. Можно показать, что при выборе $U_r \gg U_x$ среднее значение выпрямленного напряжения на диагонали AB будет пропорциональным U_x и косинусу угла сдвига фазы между U_r и U_x.



В двухполупериодных В. у. диоды включают не последовательно, а навстречу друг другу. Измеряемое напряжение подводится через трансформатор, но может включаться непосредственно в диагональ AB. Управляющее напряжение U_r в течение одной полуволны отпирает верхний диод, а в течение второй полуволны — нижний диод.

Широкое применение находят кольцевые схемы. В таких схемах все четыре диода включены последовательно друг другу. Управляющее напряжение U_r в течение одной полуволны отпирает выпрямители *1* и *2*, а в течение другой полуволны — выпрямители *3* и *4*. Во время обоих полупериодов ток через измеритель проходит в одном и том же направлении. Существуют и другие, более сложные, В. у.

Векшинский Сергей Аркадьевич (1896) — специалист в области электровакуумной техники, Герой Социалистического Труда, академик, лауреат Государственной премии и Золотой медали имени А. С. Попова.

С именем В. связано развитие советской электроники. С 1922 до 1928 г. В. работал главным инженером Электровакуумного завода в Ленинграде, с 1928 г. руководил на заводе «Светлана» заводской лабораторией, с 1936 по 1939 г. — главный инженер, а в 1939—1941 гг. — консультант этого завода. С 1941 г. занимался разработкой нового метода получения и исследования металлических сплавов для электронных приборов. Результаты этой работы, удостоенной Государственной премии, в 1946 г. изложены в монографии В. «Новый метод металлографического исследования сплавов».

С 1947 г. В. возглавляет Научно-исследовательский вакуумный институт.

Вентиль — 1) общее название электрических приборов, обладающих односторонней проводимостью, т. е. малым электрическим сопротивлением для токов одного направления и большим сопротивлением для токов обратного направления. В. называют все разновидности электронных, ионных, полупроводниковых и других приборов, обладающих односторонней проводимостью; 2) электронная схема, реализующая *логическую функцию «И»* от нескольких аргументов. В. называется также схемой совпадения или клапаном. Обычно вентилем называют схему совпадения на два входа. С точки зрения принципа работы, в схеме В. осуществляется *стробирование* одного из импульсов другим.

Вентильный фотоэлемент — полупроводниковый прибор с *запорным слоем*, генерирующий э. д. с. под действием падающего на него света (см. *Вентильный фотоэффект*). К В. ф. относятся германиевые и кремниевые *фотодиоды*, селеновые фотоэлементы и кремниевые *солнечные батареи*.

Вентильный фотоэффект — появление э. д. с. в цепи, содержащей контакт полупроводник — металл или *электронно-дырочный переход*, при освещении. Освещение полупроводника вызывает увеличение концентрации свободных электронов и дырок. Ввиду наличия контакта разнородных материалов концентрации носителей электричества, вызванных светом по обеим сторонам контакта, получаются разными и благодаря диффузии стремятся выровняться. Однако через *запорный слой* в каждом направлении беспрепятственно переходят только носители одного знака (дырки из *n*-области в *p*-область, а электроны навстречу), в результате чего заряды обеих областей изменяются в противоположных направлениях и *контактная разность потенциалов* уменьшается. Если встречный контакт в замкнутой цепи не освещен, то вызванное освещением изменение контактной разности потенциалов одного контакта приводит к появлению фото- э. д. с.

Верньер — устройство для очень небольших изменений тех или иных параметров электрической цепи, например емкости или индуктивности контура. Существуют В. механические и электрические. В механических В. небольшие изменения достигаются применением механических приспособлений, в частности замедленной передачи от руко-

ятки к переменному конденсатору или вариометру (например, двух шкивов или червячного винта с червячным колесом). В электрических В. небольшие изменения достигаются применением специальных малых переменных емкостей и индуктивностей, включенных так, чтобы изменение их величин мало влияло на общую индуктивность или емкость цепи (для этого малая емкость должна быть включена параллельно с основной емкостью, а малая индуктивность последовательно с основной индуктивностью).

Вещание — передача неограниченному числу территориально разобщенных слушателей программы, осуществляемая с помощью специальных средств односторонней связи. В настоящее время распространено звуковое *радиовещание*, *проводное вещание* и звукозрительное (телевизионное вещание).

Взаимная индуктивность (коэффициент взаимоиндукции) — количественная характеристика явления *взаимоиндукции*. В. и. двух цепей, например двух катушек, определяется следующим образом. Если в первой катушке течет ток I_1, то он создает магнитное поле, напряженность которого H_1 в каждой точке пропорциональна I_1. Поэтому и *магнитный поток* поля первой катушки Φ_{12}, пронизывающий вторую катушку, пропорционален I_1, т. е.

$$\Phi_{12} = M_{12} I_1,$$

где M_{12} — В. и. катушек. Точно так же, если во второй катушке течет ток I_2, то создаваемый им магнитный поток Φ_{21}, пронизывающий первую катушку, будет равен:

$$\Phi_{21} = M_{21} I_2,$$

причем $M_{21} = M_{12}$. Следовательно, В. и. численно равна тому магнитному потоку, который пронизывает одну из цепей, когда в другой цепи течет ток, равный единице.

Так как при изменении магнитного потока, пронизывающего цепь, в этой цепи появляется э. д. с. *электромагнитной индукции*, равная

$$E = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t},$$

где $\Delta\Phi$ — изменение магнитного потока за малый промежуток времени Δt, то при постоянном M_{12}, т. е. неизменном взаимном расположении катушек, изменения Φ могут происходить только за счет изменения I; поэтому

$$E = -M_{12} \frac{\Delta I}{\Delta t},$$

где ΔI_1 — изменение тока I за малый промежуток времени Δt. Таким образом, В. и. может быть определена и по величине возникающей э. д. с. В. и. двух цепей численно равна выраженной в вольтах э. д. с., возникающей в одной из цепей, если ток в другой цепи изменяется на 1 *а* в 1 *сек*. Единицей для измерения В. и. в практической системе единиц служит генри.

Взаимная энергия электрических токов — энергия, обусловленная *взаимоиндукцией* электрических контуров, в которых протекают токи. В. э. э. т. в простейшем случае двух контуров, обтекаемых токами I_1 и I_2, равна

$$W_{12} = M_{12} I_1 I_2,$$

где M_{12} — взаимная индуктивность рассматриваемых контуров; M_{12} нужно считать величиной положительной, когда магнитные поля обоих токов, накладываясь, усиливают друг друга, и величиной отрицательной в противном случае. Можно вместо того, чтобы считать различными знаки M_{12}, считать, что знаки I_1 и I_2 одинаковы, когда они создают усиливающие друг друга магнитные поля, и противоположны, в случае, когда эти поля ослабляют друг друга.

Так как *энергия электрического тока* I_1 (уединенного) равна

$$W_1 = \frac{L_1 I_1^2}{2},$$

где L_1 — индуктивность контура, обтекаемого током I_1, то полная энергия двух токов I_1 и I_2

$$W = \frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} + M_{12} I_1 I_2,$$

причем $W > W_1 + W_2$, если $M_{12} > 0$, и $W < W_1 + W_2$, если $M_{12} < 0$. Однако во всех случаях, в силу соотношений, существующих между индуктивностями отдельных контуров и их взаимной индуктивностью,

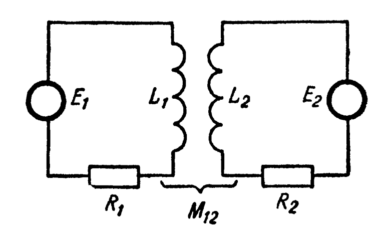
$$\frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} + M_{12} I_1 I_2 > 0,$$

т. е. полная энергия токов всегда положительна — на создание любой системы токов должна быть затрачена работа, поскольку *энергия магнитного поля* всегда положительна, независимо от его конфигурации.

Как и энергия электрического тока, В. э. э. т. принципиально отличается от потенциальной энергии. Это отличие состоит в следующем: когда силы *взаимодействия токов* совершают положительную работу (два одинаково направленных, т. е. притягивающихся, тока сближаются или два противоположно направленных, т. е. отталкивающихся, тока удаляются друг от друга), то результирующее магнитное поле в обоих случаях усиливается и В. э. э. т. возрастает.

Следовательно, работа сил взаимодействия токов происходит не за счет В. э. э. т., а за счет работы внешних э. д. с., поддерживающих токи. За счет той же работы увеличивается В. э. э. т. Вместе с тем работа внешних э. д. с. во время движения проводников с током не увеличивается, а уменьшается по сравнению с той, которую совершают эти э. д. с. при неподвижных проводниках. Это обусловлено тем, что при увеличении магнитного поля возникают э. д. с. индукции, направленные навстречу текущим токам. В результате токи уменьшаются и работа источников внешней э. д. с., включенных для поддержания токов в цепях, уменьшается. Но при этом еще больше сокращается та часть работы внешних э. д. с., которая превращается в тепло. Это обусловлено тем, что при заданной э. д. с. ее работа пропорциональна первой степени силы тока, а выделяемое тепло пропорционально квадрату силы тока. За счет «экономии» на выделенном тепле совершается механическая работа и увеличивается В. э. э. т.

Взаимоиндукция — магнитное взаимодействие двух электрических цепей. Если две электрические цепи расположены таким образом, что магнитное поле, создаваемое



током одной цепи, пронизывает другую цепь, то изменение тока в первой цепи вызовет изменение этого магнитного поля и вследствие явления *электромагнитной индукции* — возникновение э. д. с. во второй цепи; наоборот, изменение тока во второй цепи вызовет появление э. д. с. в первой цепи. Эта э. д. с. называется э. д. с. взаимоиндукции. Чем бóльшая часть магнитного поля одной цепи пронизывает вторую цепь, тем сильнее В. между цепями. С количественной стороны явление В. характеризуется *взаимной индуктивностью.* Связь между цепями через В. называется индуктивной. Для того чтобы изменять величину индуктивной связи между цепями, можно применять различные методы. Простейший метод изменения индуктивности связи между катушками без ферромагнитных сердеч-

ников состоит в изменении расстояния между катушками. При сближении катушек их В. возрастает и наоборот. Приборы, служащие для изменения В. между цепями, называются вариометрами связи.

Э. д. с. взаимоиндукции (как и всякие э. д. с. индукции), действуя в цепях, в которых протекают токи, совершают работу. Чтобы проследить, как совершают работу э. д. с. взаимоиндукции и к чему это приводит, достаточно рассмотреть простейший пример: два контура, обладающих индуктивностями L_1 и L_2, активными сопротивлениями R_1 и R_2 и взаимной индуктивностью M_{12} (см. рис.). В обоих контурах текут установившиеся токи $I_1 = I_{10}$ и $I_2 = I_{20}$, поддерживаемые электродвижущими силами E_1 и E_2. Пусть в какой-то момент постепенно начинает падать до нуля величина э. д. с. E_2 и тогда ток I_2 начнет уменьшаться. В первом контуре возникает э. д. с. взаимоиндукции

$$E_{\text{в}1} = -M_{12}\frac{\Delta I_2}{\Delta t},$$

где ΔI_2 — изменение тока I_2 за малый промежуток времени Δt. Эта э. д. с. вызывает изменение тока I_1, которое, в свою очередь, создает э. д. с. взаимоиндукции $E_{\text{в}2}$ во втором контуре.

Чтобы не рассматривать всей сложной картины взаимодействия токов, применим искусственный прием, который позволит, не рассматривая подробно взаимодействия токов, определить работу э. д. с. взаимоиндукции. Положим, что мы специально, кроме э. д. с. E_1, вводим добавочную э. д. с. ΔE_1, изменяющуюся таким образом, чтобы компенсировать э. д. с. $E_{\text{в}1}$, т. е. чтобы сумма действующих в первом контуре э. д. с. E_1, ΔE_1 и $E_{\text{в}1}$ оставалась постоянной. Тогда и ток I_1 будет оставаться постоянным и э. д. с. $E_{\text{в}2}$ будет равна нулю. В таком случае во втором контуре все будет происходить так же, как если бы он был уединенным, т. е. если бы изменяющийся ток I_2 отсутствовал; тогда при исчезновении тока I_2 э. д. с. взаимоиндукции $E_{\text{в}2} = 0$ не совершит никакой работы. Но так как э. д. с. ΔE_1 все время, пока не исчезнет I_2, действует в контуре, то за время исчезновения тока I_2 она совершит некоторую работу, кроме той, которую совершает э. д. с. E_1 при неизменных токах I_1 и I_2 и которая идет на поддержание тока I_1 и превращается в тепло. Работа, совершаемая э. д. с. ΔE_1, обусловлена присутствием изменяющегося тока I_2.

При подсчете работы э. д. с. ΔE_1 следует рассмотреть две возможности: 1) магнитные поля, создаваемые токами I_1 и I_2, направлены одинаково; 2) они направлены навстречу друг другу. Когда поля направлены одинаково, при исчезновении тока I_2 э. д. с. $E_{\text{в}1}$ направлена в ту же сторону, куда течет ток I_1 и направлена э. д. с. E_1 (так как э. д. с. электромагнитной индукции всегда направлена так, чтобы препятствовать вызвавшим ее изменениям магнитного поля). Поэтому, чтобы ток I_1 оставался неизменным, нужно ввести добавочную э. д. с.

$$\Delta E_1 = -E_{\text{в}1} = M_{12}\frac{\Delta I_2}{\Delta t}.$$

Э. д. с. ΔE_1 направлена навстречу току I_1 и, значит, она совершает отрицательную работу; например, за счет э. д. с. взаимоиндукции $E_{\text{в}1}$ совершается работа по зарядке источника добавочной э. д. с. ΔE_1, равная

$$\Delta A = E_{\text{в}1} I_1 \Delta t = M_{12} I_1 \Delta I_2.$$

Чтобы найти, какая работа по зарядке источника э. д. с. ΔE_1 совершена за все время исчезновения тока I_2, нужно подсчитать сумму ΔA за все промежутки времени Δt, охватывающие все время спадания тока I_2 от I_{20} до нуля. Для этого нужно взять сумму всех ΔI_2, которая, очевидно, равна I_{20}; следовательно, работа по зарядке источника

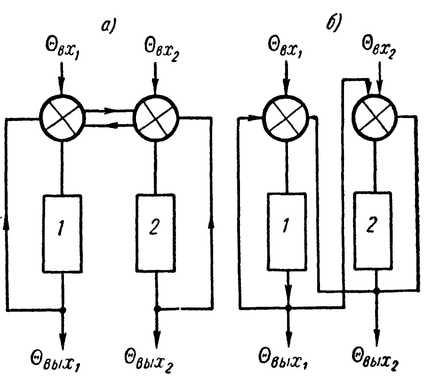
э. д. с. ΔE_1 за время исчезновения тока равна $A = M_{12}I_1I_{20}$. Эту работу совершит э. д. с. $E_{в1}$. Так как ток I_1 не изменяется, то ток I_2 спадает так же, как он спадал бы в отсутствие тока I_1, т. е. э. д. с. E_2 никакой добавочной работы (по сравнению с той, которую она совершала бы в отсутствие I_1) не совершает. Но после исчезновения тока I_2 мы получили уединенный ток I_1. Так как при переходе от двух связанных токов I_1 и I_2 к уединенному току совершается работа $A = M_{12}I_1I_{20}$ (и больше ничего не изменяется), то значит, система двух взаимодействующих токов, магнитные поля которых направлены в одну сторону, обладает энергией, на величину $M_{12}I_1I_{20}$ превышающей ту, которой обладает уединенный ток I_1.

Во втором случае, когда магнитные поля токов направлены навстречу и ослабляют друг друга, уменьшение тока I_2 вызывает увеличение магнитного поля, и, значит, э. д. с. взаимоиндукции $E_{в1}$ будет направлена навстречу току I_1 и э. д. с. E_1. Чтобы ток I_1 оставался неизменным, нужно ввести добавочную э. д. с. ΔE_1, направленную в ту же сторону, что и ток I_1. Этот источник э. д. с. за время исчезновения тока I_2 совершит положительную работу. Так как $\Delta E_1 = -E_{в1}$, то добавочная работа, совершенная э. д. с. ΔE_1, как и в первом случае, будет равна $A = M_{12}I_1I_{20}$. Однако в этом случае работу совершает не э. д. с. взаимоиндукции, а внешняя э. д. с. ΔE_1.

Так как после исчезновения тока I_2 остается только уединенный ток I_1 и при этом источник внешней э. д. с. совершает положительную работу, то, значит, система токов I_1 и I_2, когда их магнитные поля направлены в противоположные стороны, обладает энергией, на величину $M_{12}I_1I_{20}$ меньшей, чем энергия уединенного тока I_1.

Все сказанное означает, что помимо *энергии электрического тока*, которой обладает уединенный ток, существует *взаимная энергия электрических токов*, обусловленная взаимоиндукцией этих токов.

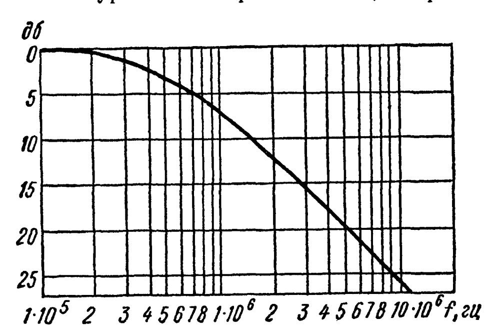
Взаимосвязанные регулируемые системы — автоматические системы с несколькими регулируемыми величинами и регуляторами, связанными между собой через сложный объект регулирования или общую нагрузку, имеющие внешние связи между регуляторами. Изменение одной из регулируемых величин или действие каких-либо возмущений в одном из контуров регулирования приводит к изменению остальных регулируемых параметров.



Одной из разновидностей В. р. с. являются взаимосвязанные следящие системы, которые могут быть связаны между собой при помощи измерительных устройств (см. рис. *а*) или выходных отклонений (см. рис. *б*). К каждой из регулируемых величин могут предъявляться свои особые требования. Иногда эти требования состоят в полной или частичной независимости одних регулируемых величин от других.

Взвешенный шум (ТВ) — интенсивность видимых *флуктуационных помех*, оцениваемая глазом. Зрение обладает падающей частотно-контрастной характеристикой, обусловленной аберрациями оптического изображения на сетчатке и ее

структурой. Кроме того, верхние частоты спектра сигналов ослабляет кинескоп. В соответствии с этим установлена кривая веса шумов (см. рис.), оценивающая относительную видность спектральных составляющих шума при относительно малом его уровне. Из кривой видно,



что *«синий» шум* должен быть менее заметен чем *«белый» шум* при равной мощности, поскольку верхние частоты спектра имеют меньший вес.

Для измерения В. ш. в измеритель шумов включают фильтр с частотной характеристикой, соответствующей кривой веса шумов.

Вибратор — отрезок прямолинейного провода, в котором, так же как и в отрезке *длинной линии*, могут возникать собственные электрические колебания и устанавливаться *стоячие электромагнитные волны*. Однако между В. и длинной линией существует то принципиальное различие, что в длинной линии в непосредственной близости друг к другу расположены положительные и отрицательные электрические заряды и текут два противоположно направленных тока (заряды и токи в двух проводах двухпроводного фидера, в жиле и оболочке коаксиального кабеля и т. д.); в В. же близкие участки несут в каждый момент заряды одного знака и через близкие сечения в каждый момент течет ток только одного направления. Это различие приводит к существенному различию в характере электромагнитных полей вокруг длинной линии и В. В случае длинной линии электрическое и магнитное поля двух разноименных зарядов и противоположно направленных токов вдали от линии почти полностью компенсируют друг друга, поэтому электромагнитное поле очень быстро ослабевает по мере удаления от линии, так что практически оно сосредоточено лишь вблизи линии. В случае же В. такого взаимного ослабления двух противоположно направленных полей не происходит, и поэтому электромагнитное поле В. гораздо медленнее убывает с расстоянием. Вследствие этого В. способен излучать и принимать электромагнитные волны, в то время как длинная линия этой способностью не обладает (или обладает в очень малой степени).

Таким образом, В. представляет собой *простейшую антенну*, — передающую в том случае, когда происходящие в В. электрические колебания возбуждают в окружающем пространстве электромагнитные волны, приемную — в том случае, когда приходящие электромагнитные волны возбуждают электрические колебания в В.

Вибрационная линеаризация — способ технической *линеаризации* нелинейных элементов и систем при помощи колебаний малой амплитуды, частота которых значительно выше полосы пропускания всей автоматической системы. При правильном выборе параметров колебаний (частот и амплитуд) система с нелинейными элементами превращается в *линеаризованную систему*. В качестве линеаризующих колебаний высокой частоты могут использоваться колебания специального генератора (линеаризация

внешними колебаниями) или *автоколебания*, которые создаются в системе каким-либо местным замкнутым контуром.

Вибрационный гальванометр — *магнитоэлектрический прибор* для измерения слабых переменных токов низкой частоты (до 1000 *гц*), основанный на использовании *явления резонанса*. Измерительная система В. г. состоит из постоянного магнита и подвешенной в поле этого магнита очень легкой подвижной катушки с зеркальцем. Иногда вместо катушки используется петелька (шлейф). На переменный ток, протекающий по катушке или шлейфу, действует со стороны постоянного магнитного поля переменный вращающий момент, вызывающий крутильные колебания катушки или шлейфа. Благодаря малой массе подвижной катушки частота ее собственных крутильных колебаний сравнительно высока (а шлейфа еще выше); ее можно изменять в некоторых пределах. Когда частота собственных колебаний катушки совпадает с частотой измеряемого тока, наступает резонанс и амплитуда крутильных колебаний становится значительной даже при очень малой величине измеряемого тока, т. е. достигается высокая чувствительность. Величина тока определяется по ширине световой полосы, которая получается при колебаниях зеркальца, отражающего узкий световой луч.

Вибрационный преобразователь (вибропреобразователь) — прибор, служащий для получения высокого постоянного напряжения от источника постоянного тока низкого напряжения. В. п. состоит из контактного вибрационного прерывателя, повышающего трансформатора, выпрямителя и сглаживающих фильтров. Прерыватель периодически замыкает и размыкает ток, текущий через первичную обмотку трансформатора, вследствие чего на его вторичной обмотке возникает повышенное переменное напряжение, которое затем выпрямляется и сглаживается.

Видео — приставка к терминам, применяемая в тех случаях, когда речь идет о *сигналах изображения*, телевидения, огибающей *радиолокационных импульсов* и т. п. Примеры: *видеоусилитель*, *видеотелефон*, *видеомагнитофон*, *видеочастоты* и т. д.

Видеоимпульс — см. *Импульс*.

Видеоканал — канал передачи *видеосигналов*.

Видеомагнитофон — устройство для *магнитной записи телевизионных сигналов* и их воспроизведения (см. *Магнитофон*).

Видеоконтрольное устройство — блок телевизионной аппаратуры для визуального контроля изображения. В. у. содержит кинескоп с отклоняющими катушками, цепями фокусировки и питания, генераторы пилообразных токов развертки, регуляторы яркости и контраста. В. у. входит в состав студийных телевизионных камер, студийных и киноканалов телецентра, пультов режиссера и видеоинженера. В. у. входит также в состав передвижных телевизионных станций и *замкнутых телевизионных систем*. В. у., как правило, синхронизируется непосредственно от синхрогенератора телецентра или замкнутой системы.

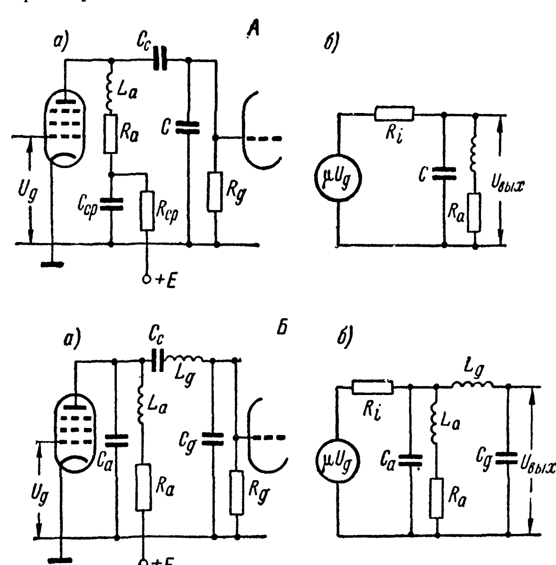
Видеосигналы — *сигналы изображения*, получающиеся при развертке в ТВ и фототелеграфии, а также сигналы, получающиеся на выходе радиолокационных приемников (при импульсной работе).

Видеотелефон — система телевизионной и телефонной связи, позволяющая разговаривающим видеть друг друга.

Видеоусилитель — усилитель *видеосигналов*. В В. необходимо относительно равномерно пропускать широкую полосу частот при линейной *фазочастотной характеристике*; тогда гармонические составляющие сигнала усиливаются и

запаздывают одинаково, что сохраняет форму сигнала.

Вследствие неизбежных реактивных элементов схем В. (паразитных емкостей, индуктивностей) частотные характеристики никогда



А. Каскад видеоусилителя с простой коррекцией в области верхних частот спектра и коррекцией нижних частот.

а — принципиальная схема; *б* — эквивалентная схема в области верхних частот.

C_c — емкость связи; C — паразитная емкость; L_a — корректирующая индуктивность; μ — усиление лампы; R_i — внутреннее сопротивление.

Б. Каскад видеоусилителя со сложной коррекцией в области верхних частот.

а — принципиальная схема; *б* — эквивалентная схема в области верхних частот.

C_a — паразитная емкость анодной цепи; C_g — паразитная емкость сеточной цепи следующего каскада; L_a, L_g — корректирующие индуктивности.

не бывают точно постоянными, а фазовые — линейными. В диапазоне верхних частот спектра видеосигналов амплитуды гармонических составляющих начинают быстро уменьшаться.

В. часто оцениваются переходными характеристиками — формой колебания на выходе при подаче на вход В. скачка напряжения (см. *Нестационарные процессы*). В этом случае от В. требуется, чтобы длительность фронта (*зона размытости*, время установления) не превышала заданной величины, например времени передачи одного элемента в телевидении или половины длительности зондирующего импульса в радиолокации. Ограничивается также относительный выброс переходной характеристики.

В. всегда являются частью — звеном — некоторой системы. Поэтому не существует универсальных

наилучших характеристик, так же как не существует универсальных норм на допустимые искажения сигнала в В. Такие нормы устанавливаются для всей системы передачи и воспроизведения сигналов. Большей частью В. выполняют функции корректирующих фильтров, исправляющих искажения других звеньев (*апертурная коррекция*, *противошумовая коррекция видеоусилителя*). В других случаях, как правило, стремятся к минимальным искажениям сигнала.

На рис. *а* и *б* показаны типовые схемы В. Коррекция действия паразитной емкости C в схеме A достигается параллельным резонансом индуктивности L_a и C. В сложной схеме коррекции действие каждой из емкостей C_a и C_g корректируется индуктивностями L_a и L_g. По сравнению с некорректированным усилителем при равных усилении и паразитных емкостях простая схема коррекции дает выигрыш в полосе пропускания (на уровне 0,7) в 1,8 раза, а сложная — в 2,2 раза.

Усиление каскада В. K_0 в области средних частот спектра, когда влиянием реактивных элементов можно пренебречь, определяется формулой $K_0 = SR_a$ (при условии $R_a \ll R_i$), где S — крутизна лампы. Поэтому для В. используют лампы с большой крутизной. Усиление при более высоких частотах F определяется формулой:

$$K = K_0 \sqrt{\frac{1+\beta^2\Omega^2}{1+(1-2\beta)\,\Omega^2+\beta^2\Omega}},$$

где

$$\beta = \frac{L_a}{CR_a^2} \text{ и } \Omega = 2\pi F R_a C.$$

Наибольшая равномерность частотной характеристики получается при $\beta = 0{,}414$, а наибольшая линейность фазовой характеристики при $\beta = 0{,}322$. Наилучшие результаты с точки зрения переходной характеристики достигаются при промежуточном значении $\beta = 0{,}35$. Наилучшая коррекция в области нижних частот достигается фильтром при $R_ф C_ф = R_g C_c$. Одновременно этот фильтр служит развязывающим элементом, уменьшающим связь между каскадами В. через источник питания. В В. для телевидения нижние и «нулевые» частоты (см. *Спектр сигналов изображения*) передаются методом *передачи средней составляющей видеосигнала*.

Видеочастоты — широкий спектр частот, необходимый для передачи сигналов изображения в телевидении. Эти частоты начинаются с 0 *гц* и кончаются несколькими или десятками мегагерц (*Мгц*).

Видикон — телевизионная передающая трубка с накоплением зарядов на мишени из *фотосопротивления*, которое должно обладать высоким удельным сопротивлением (10^{11}—10^{12} *ом·см*). Для изготовления фотосопротивлений применяется трехсернистая сурьма Sb_2S_3 — стибнит и др. Фоточувствительная мишень наносится на прозрачную сигнальную пластинку из окиси олова. На последнюю подается небольшой положительный потенциал (10—20 *в*). Под влиянием коммутирующего электронного луча в режиме медленных электронов (см. *Суперортикон*) потенциал мишени доводится приблизительно до нуля. В освещенных участках отрицательный заряд электронов стекает сквозь мишень на сигнальную пластинку быстрее, чем в темных. В результате к моменту коммутации возникает *потенциальный рельеф*. Сигнал изображения получается на нагрузочном сопротивлении за счет изменения тока — числа электронов, оседающих на мишени.

Достоинством В. являются простота конструкции и схемы питания, дешевизна, малые габариты (25×160 *мм*), высокая чувствительность (3—5 *лк*), ровный фон.

Основной недостаток В. — инерционность: ток луча за один кадр

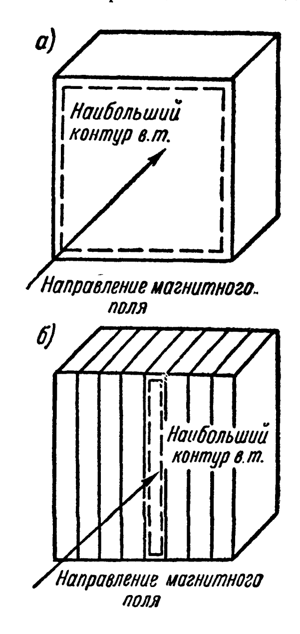
развертки не успевает перезарядить сравнительно большую емкость мишени. Кроме того, инерционностью обладает само фотосопротивление. Поэтому В. непригоден для передачи быстрых движений. В. широко применяется в разнообразных камерах промышленного и космического телевидения, а также для передачи кинофильмов, когда в условиях большой освещенности инерционность не сказывается.

Визуальная настройка — настройка радиоприемника при помощи оптического *индикатора настройки.*

Виртуальный катод (мнимый катод) — место нахождения минимума потенциала в электронной лампе в пространстве вблизи анода, причем минимальный потенциал $U_{мин} = 0$, т. е. равен потенциалу катода. Если, пренебрегая начальными скоростями электронов, вылетающих из катода, считать, что все они вылетают с нулевой скоростью, то электроны, попадающие в область В. к., также имеют нулевые скорости и дальше начинают двигаться в сторону повышающегося потенциала с постепенно возрастающей скоростью, подобно электрону, вылетающему из катода.

Например, в триоде при положительном потенциале на сетке, большем потенциала анода, электроны, летящие с катода, пройдя сетку, попадают в тормозящее электрическое поле. На некотором расстоянии от сетки электроны, летящие с очень малыми скоростями, близкими к нулю, образуют скопление, вследствие чего потенциал на этом участке их пути понижается, образуя вторичный *пространственный заряд.* Далее, по пути к аноду потенциал точек пространства вновь повышается, в том числе в области вторичного пространственного заряда образуется потенциальный минимум. Местонахождение этого минимума и величина его определяются в данной лампе, при заданных размерах электродов и расстояниях между ними, соотношением напряжений на сетке и на аноде и плотностью протекающего через триод электрического тока. При известных условиях можно добиться, чтобы $U_{мин}$ было равно нулю, т. е. образования В. к. Из области В. к. электроды движутся частично к аноду, частично в направлении, противоположном начальному, т. е. к сетке.

Вихревые токи (токи Фуко) — замкнутые токи, возникающие в сплошных проводниках вследствие



электромагнитной индукции, когда эти проводники пронизываются переменным магнитным полем (см. рис. *а*). На создание В. т. затрачивается энергия, превращающаяся в тепло и нагревающая проводники. Для уменьшения потерь на нагрев вместо сплошных проводников применяют слоистые, в которых отдельные слои разделены

изоляцией Слои располагаются таким образом, чтобы изоляция между ними препятствовала образованию замкнутых токов Тогда замкнутый В т может возникнуть только в тонком сечении одного слоя, в виде сильно вытянутой петли (см рис *б*)

Поскольку э д с, возбуждающая В т, пропорциональна площади контура тока, а сопротивление проводника пропорционально периметру контура тока, то при разделении сплошного проводника на отдельные тонкие слои сопротивление контура уменьшается медленнее, чем падает э д с индукции, и В т ослабевают Именно из этих соображений сердечники трансформаторов, якори генераторов и т п делают из тонких листов стали, изолированных друг от друга бумагой или слоями лака Уменьшить В т, а значит, и вызываемые ими потери можно также путем увеличения электрического сопротивления сплошного проводника, пронизываемого переменным магнитным полем

Так как потери на В т возрастают с повышением частоты, то сердечники катушек для высоких частот делают из так называемых *магнитодиэлектриков*, обладающих большим удельным сопротивлением

Внестудийные телевизионные передачи (телевизионные трансляции) — ТВ передачи, ведущиеся непосредственно из театров, концертных залов, стадионов и т д Осуществляются с помощью *передвижных телевизионных станций* (ПТС) или специально оборудованных трансляционных пунктов

Внутреннее падение напряжения — падение напряжения внутри источника э д с, обусловленное тем, что источник обладает *внутренним сопротивлением* Напряжение U во внешней цепи, присоединенной к источнику, развивающему э д с E и обладающему внутренним сопротивлением R_i, равно $U = E - R_i I$, где I — ток в цепи Таким образом, напряжение во внешней цепи меньше э д с источника на величину $R_i I$, которая и представляет собой В п н в источнике

Внутреннее сопротивление источника тока — сопротивление, которым обладает источник тока. В с и т является важной характеристикой всякого источника тока, так как оно определяет *внутреннее падение напряжения*, а значит, и то напряжение, которое может создать источник на концах питаемой им цепи Вместе с тем В с и т определяет и тот наибольший ток, который может дать источник при коротком замыкании В с и т может быть как чисто активным, так и реактивным Гальванические элементы и аккумуляторы обладают чисто активным внутренним сопротивлением, генераторы (электрические машины) обладают также индуктивным внутренним сопротивлением В с и т. меняется в широких пределах в зависимости от типа и размеров источника Например, внутреннее сопротивление маломощного выпрямителя имеет величину порядка тысяч ом, аккумулятора малой емкости — порядка одного ома, аккумулятора большой емкости — порядка десятых и сотых долей ома

Внутреннее сопротивление электронной лампы — один из основных параметров электронной лампы В с э л представляет собой сопротивление промежутка между катодом и анодом лампы для переменной составляющей анодного тока Как и сопротивление всякого *нелинейного проводника*, В с э л определяется не отношением всего анодного напряжения ко всему анодному току, а как отношение малого изменения напряжения на аноде к вызванному им изменению анодного тока Если изменение анодного напряжения на величину $\Delta U_{а}$, при неизменном напряжении

на сетке U_c, вызывает изменение анодного тока на величину ΔI_a, то В. с. э. л.

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \text{ при } U_c = \text{const}.$$

Обычно под В. с. э. л. понимают значение R_i на прямолинейном участке характеристики. Величина В. с. э. л. зависит от типа лампы и может иметь весьма различные значения. Она сравнительно невелика (несколько тысяч или десятков тысяч ом) для обычной трехэлектродной лампы и часто бывает очень велика (до нескольких сотен тысяч и даже миллионов ом) у многосеточных ламп, например пентодов. От величины В. с. э. л. зависит величина тех анодных нагрузочных сопротивлений, которые должны быть включены в анодную цепь этой лампы для того, чтобы получить от нее наибольшее усиление напряжения или наибольшую мощность.

От В. с. э. л. следует отличать величину

$$R_0 = \frac{U_a}{I_a}.$$

которую принято называть сопротивлением лампы для постоянного тока. Поскольку в электронной лампе I_a изменяется, вообще говоря, не пропорционально U_a, то ясно, что R_0 не равно R_i.

Внутренние антенны — см. *Радиолюбительские приемные антенны*.

Внутренний фотоэффект — перевод в *зону проводимсости* связанных электронов в полупроводнике под влиянием поглощения света (см. *Фотоэффект*). В. ф. лежит в основе действия *фотосопротивлений*.

Вобуляция — качание электронного луча *кинескопа* в поперечном к строке направлении с такой частотой, что за время передачи одного элемента изображения луч совершает одно или несколько колебаний с амплитудой в пределах половины *шага развертки* δ. В. служит для устранения видимой строчной структуры растра и эквивалентна записывающему пятну кинескопа, имеющему высоту, равную шагу развертки, а ширину вдоль строки — меньшую.

Водоналивной элемент — *гальванический элемент*, который для приведения в действие требуется залить чистой водой. В этом элементе вещества, входящие в состав электролита, находятся уже внутри элемента. При заливке элемента водой они растворяются в ней и образуется электролит, необходимый для работы гальванического элемента.

Возбудитель (в радиотехнике) — *задающий генератор* передатчика. В. иногда называют также предоконечный каскад усилителя, служащий для раскачки мощного оконечного каскада и работающий в режиме усиления мощности (другое название «драйвер»).

Воздействия — любые внешние и внутренние причины, приводящие к изменению состояния автоматической системы. Различают В. задающие, возмущающие, регулирующие и помехи. К первым относятся управляющие В., задающие определенное значение регулируемой величины. Возмущающие В. появляются в результате изменения нагрузки и нарушений нормальных режимов работы объекта. К регулирующим В. относят сигналы, возникающие в результате действия одних элементов системы на другие. Возмущающие В. стремятся нарушить и ухудшить работу системы. Регулирующие В. должны действовать таким образом, чтобы улучшалась работа автоматической системы. Обычно точный характер возмущающих В. не известен. Для оценки поведения системы при действии возмущающих В. используют типовые В. Типовые В. могут быть импульсными, гармоническими, толчкообразными и т. д.

Воздушная деполяризация — способ деполяризации гальванических

элементов, т. е. устранения водорода с поверхности положительного электрода с помощью кислорода, содержащегося в воздухе. Для этого должен быть обеспечен доступ кислорода воздуха внутрь элемента к его положительному электроду. С этой целью положительный (угольный) электрод делается полым и выступающим над уровнем электролита. Благодаря пористости угля воздух проникает сквозь него, и содержащийся в воздухе кислород соединяется с водородом, выделяющимся на поверхности электрода, и образует воду.

Воздушный зазор — *воздушный промежуток в магнитной цепи.* Вследствие того, что *магнитная проницаемость* воздуха гораздо меньше, чем ферромагнитного материала, заполняющего всю остальную часть магнитной цепи, В. з. даже небольшой длины по сравнению с длиной остальной части магнитной цепи значительно уменьшает величину магнитного потока в ней (при прежних прочих условиях). В. з. часто применяется для устранения *магнитного насыщения.* Нередко В. з. заполняют какимлибо неферромагнитным материалом.

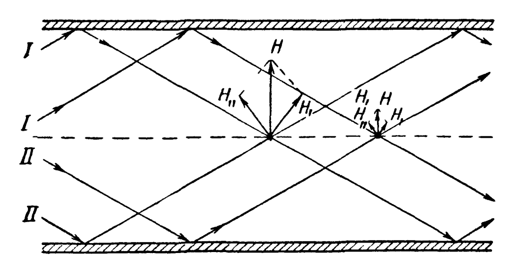
Вокодер — система телефонной связи, в которой вместо токов звуковых колебаний по каналу связи передаются управляющие сигналы (кодовая информация), а на приемной стороне осуществляется искусственный синтез речи. *Кодирование* позволяет уменьшить объем *информации*, передаваемой по той или иной линии связи, и увеличить, например, число телефонных разговоров, передаваемых по одной линии. Основными элементами В. являются анализатор (в котором из речевого сигнала выделяется кодовая информация) и синтезатор (в котором по этой информации восстанавливается речевой сигнал). Между анализатором и синтезатором находится та или иная система связи (по которой передаются кодовые сигналы).

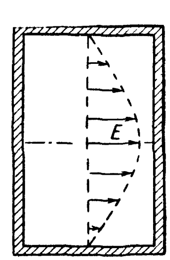
В зависимости от того, какие параметры речевого сигнала выделяются вокодером в качестве кодовой информации, различают: полосный В., выделяющий усредненные *уровни* речевого сигнала в частотных полосах, на которые делится спектр сигнала; сканирующий В. (см. *Сканирование*), отличающийся от предыдущего тем, что средние уровни передаются последовательно с определенной периодичностью во времени; формантный В., выделяющий частоты, которые определяют положение *формант* в речевом сигнале; фонемный В., в котором отдельные звуки речи передаются условным кодом и затем на приемном конце его по переданным кодам восстанавливается переданная речь.

Волновод — металлическая труба, по которой при определенных условиях могут распространяться электромагнитные волны. Обычно в качестве В. применяются медные трубы, чаще всего прямоугольного или круглого сечения. Характер электромагнитных волн в В. существенно отличается от характера «обычных» электромагнитных волн, распространяющихся в свободном пространстве.

В простейшем случае для прямоугольного В. картину распространения электромагнитной волны можно получить, рассматривая в нем две «обычные» электромагнитные волны, распространяющиеся не вдоль оси, а под некоторым углом к ней от одной из узких его стенок к другой (см. рис.). Обе «обычные» волны *I* и *II* являются *поперечными волнами*, и поэтому векторы напряженности их полей — электрического E и магнитного H — лежат в плоскостях, перпендикулярных к направлениям распространения этих волн. Вектор E направлен перпендикулярно к широким стенкам В., а вектор H — перпендикулярно к E. При падении на металличе-

ские стенки В. происходит *отражение электромагнитных волн*, при котором вектор E меняет свое направление на обратное, а вектор H сохраняет прежнее направление. Вследствие этого на самой стенке В. вектор E равен нулю, а вектор H не равен нулю и направлен вдоль стенки. Обе рассматриваемые волны «заполняют» весь В. и, складываясь, создают ту результирующую волну, которая распространяется в В. Если волны возбуждаются в В. симметричным способом, что волны имеют разные фазы. Вследствие этого результирующий вектор E имеет амплитуду меньшую, чем на оси В., а результирующий вектор H не только имеет меньшую амплитуду, чем на оси В., но уже не лежит в плоскости, перпендикулярной к оси В., так как вследствие сдвига фаз между двумя волнами мгновенные значения H_{I} и H_{II} уже не равны друг другу. А это значит, что для магнитного поля, помимо поперечной составляющей, имеющей максимальную амплитуду на





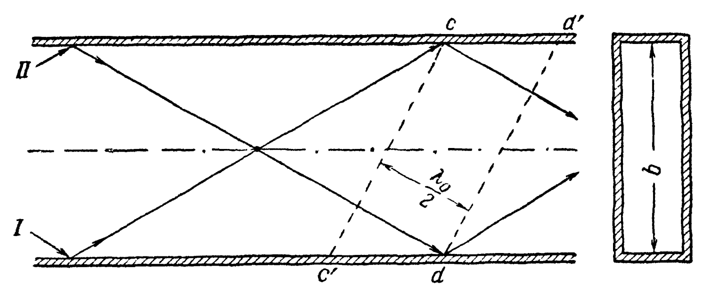
обычно и бывает, то обе рассматриваемые волны в симметричных относительно оси точках В. и, в частности, на самой оси имеют одинаковую фазу. Учтя это, можно получить картину результирующего электромагнитного поля. Прежде всего, на оси В. обе волны в фазе и напряженности их полей складываются. Так как векторы E_{I} и E_{II} обеих волн равны и направлены одинаково (перпендикулярно к широким стенкам В.), то результирующий вектор $E = E_{I} + E_{II} = 2E_{I}$. Векторы H_{I} и H_{II} направлены под углом друг к другу, но вследствие того, что $H_{I} = H_{II}$, их результирующий вектор H лежит в плоскости, перпендикулярной к оси волновода, и перпендикулярен E.

Таким образом, на оси В. расположение векторов E и H такое же, как в обычной поперечной волне. Но в любой другой точке сечения, перпендикулярного к оси В., обе оси В., существует еще и продольная составляющая, амплитуда которой возрастает от оси к узким стенкам В.

Электрическое поле в В. убывает от оси к стенкам как в *стоячей электромагнитной волне*; на стенках В. получаются узлы напряженности электрического поля. Но только в случае, если обе составляющих волны в каждую точку на оси приходят в одинаковой фазе, а в каждую точку стенок — в противофазе, они дадут поле E, равное нулю у стенок и наибольшее на оси В. А так как в симметричных относительно оси В. точках, в частности в точках c и d (см. рис), обе составляющих волны имеют одинаковую фазу, то они будут в противофазе, например в точке d, только в том случае, когда для составляющей волны II фазы в точках c и d будут противоположны. Для этого, как легко видеть, расстояние между *фронтами волны II*,

проходящими через c и d, т. е. между плоскостями cc' и dd', должно быть равно $\lambda_0/2$ где λ_0 — длина составляющих волн.

Следовательно, угол падения составляющих волн всегда сам устанавливается таким, чтобы расстояние между фронтами одной волны, соответствующими двум симметричным точкам на противоположных стенках, равнялось $\lambda_0/2$. Поэтому чем больше λ_0 (т. е. чем ниже частота волны), тем круче должны падать составляющие волны на стенки. Когда $\lambda_0/2$ становится равным b (большему из поперечных размеров В.), составляющие волны должны падать на стенки нормально. Для волн, для которых $\lambda_0/2 \geqslant b$, условия на стенках не могут быть соблюдены, и такие волны распространяться в В. не могут. Длина волны $\lambda_0 = 2b$ называется граничной, или критической, для данного В. В соответствии с изменением угла падения составляющих волн меняется и скорость распространения результирующей волны. Чем ниже частота, тем круче падают составляющие волны на стенки В. и тем больше скорость распространения результирующей волны. Таким образом, в В. существует *дисперсия волн*.



Помимо рассмотренного простейшего случая, возможны и другие типы волн, распространяющихся в В. такого же или другого (например, круглого) сечения Им соответствуют более сложные картины распределения поля в В. Однако основные выводы, полученные при рассмотрении простейшего случая, остаются справедливыми и для более сложных случаев: во-первых, распространяющаяся в В. волна имеет, помимо поперечных, и продольные составляющие электрического или магнитного поля; во-вторых, для каждого В. и для каждого типа волн существует некоторая граничная длина волны $\lambda_{гр}$. Волны, для которых $\lambda_0 > \lambda_{гр}$, распространяться в данном В. не могут. Эта граничная длина волны никогда не может быть много больше поперечных размеров В. В силу этого условия В. для сколько-нибудь длинных волн получаются громоздкими. Поэтому В. применяются только на самых коротких (главным образом сантиметровых и миллиметровых) волнах.

Основное преимущество В. перед высокочастотными кабелями — гораздо меньшие потери энергии при распространении. Это объясняется тем, что активное сопротивление для токов сверхвысоких частот вследствие *поверхностного эффекта* определяется площадью поверхности проводника. При распространении электромагнитной волны в В. токи текут по его стенкам, поверхность которых гораздо больше, чем поверхность внутренней жилы кабеля. За счет этого потери в В. гораздо меньше, чем в высокочастотных кабелях.

Волноводное распространение радиоволн — распространение наиболее коротких волн (сантиметровых и дециметровых) в пространстве, ограниченном с одной стороны поверхностью Земли, а с другой — слоем воздуха, лежащим на некоторой высоте над Землей (либо ограниченным двумя слоями воздуха, лежащими на разной высоте над Землей). При определенных метеорологических условиях в слоях воздуха, лежащих на небольшой высоте над поверхностью Земли, вследствие значительного изменения скорости распространения радиоволн с высотой (см. *Преломление радиоволн в тропосфере*) кривизна пути волн становится больше, чем кривизна поверхности Земли. В результате волны возвращаются к поверхности Земли и снова отражаются от нее, т. е. получается картина, близкая к той, которая существует в *волноводах*.

Распространяясь в таком «атмосферном волноводе», следующем за кривизной Земли, радиоволны могут достигать пунктов, лежащих далеко за пределами прямой видимости. В случае волн, более длинных, чем дециметровые, условия, необходимые для В. р. р., возникают редко и В. р. р. наблюдается в исключительных случаях.

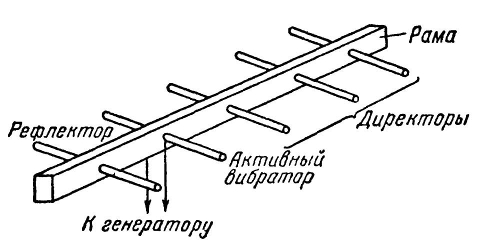
Волновое сопротивление (длинной линии) — отношение напряжения к току в *бегущей электромагнитной волне*, распространяющейся вдоль длинной линии. Это отношение названо В. с. по аналогии с обычным сопротивлением цепи, которое определяется отношением напряжения к току, существующим в этой цепи. В. с. равно

$$Z_{\text{в}} = \sqrt{\frac{L}{C}},$$

где C и L — емкость и индуктивность линии (либо полные емкость и индуктивность всей линии, либо емкость и индуктивность, отнесенные к единице длины линии: отношение их при этом не меняется). Практически изменения В. с. не могут быть сделаны очень большими, и поэтому применяемые на практике разнообразные линии (симметричные двухпроводные линии и высокочастотные кабели) имеют В. с., лежащие в пределах от нескольких десятков до нескольких сотен ом.

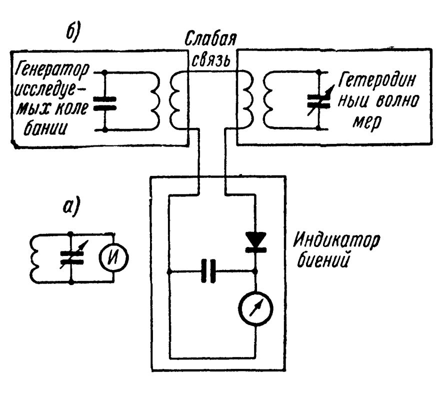
Волновое число — число k, обратно пропорциональное длине волны ($k = 2\pi/\lambda$). В расчетах, связанных с распространением волн, часто встречается отношение $2\pi/\lambda$, где λ — длина волны. Расчеты и запись формул упрощаются, если ввести величину k. В. ч. имеет наглядный физический смысл: это число волн, которое укладывается вдоль расстояния в 2π единиц длины.

Волновой канал (антенна Уда-Яги) — антенна, состоящая из *активного диполя*, *рефлектора* и ряда *директоров*, расположенных на одной линии (оси антенны) параллельно друг другу. Такое расположение диполей приводит к тому, что электромагнитная волна, возбуждаемая активным диполем, распространяется главным образом вдоль оси антенны, откуда и произошло название В. к. *Диаграмма направленности* антенны В. к. тем острее, чем больше число директоров. Применяются антенны типа В. к. главным образом на метровых волнах (на более длинных волнах



они оказываются слишком громоздкими, на более коротких — малоэффективными)

Волномер — прибор, служащий для измерения длины волны, или, точнее, частоты электрических колебаний Весьма распространенный резонансный В (см рис *а*) представляет собой колебательный контур, для которого специальной градуировкой определены частоты собственных колебаний, соответствующие определенному положению



конденсатора переменной емкости (или другого элемента настройки). В таком положении элемента настройки, при котором частота исследуемых колебаний совпадает с частотой, на которую настроен В , наступает *резонанс*, и амплитуда вынужденных колебаний в контуре В достигает максимального значения, что можно установить при помощи того или иного индикатора Так как частота собственных колебаний В известна, то по показанию индикатора определяется частота исследуемых колебаний Чтобы потребление энергии индикатором не увеличивало *затухания контура* и тем самым не притупляло резонанса, в В применяются чувствительные индикаторы, слабо связанные с колебательным контуром На самых коротких волнах (начиная от коротких дециметровых) в резонансных В вместо колебательных контуров применяются *объемные резонаторы*

Гетеродинный В (см рис *б*) представляет собой маломощный ламповый генератор (гетеродин), частота колебаний которого, соответствующая разным положениям органов настройки, известна Измеряемая частота определяется сравнением с известной частотой гетеродина обычно по методу *биении* Медленные биения между измеряемыми колебаниями и колебаниями гетеродина свидетельствуют о почти точном совпадении их частот

Во избежание явления *захватывания*, которое искажает результаты измерений, гетеродинный В должен быть слабо связан с генератором колебаний, частота которых измеряется

Вологдин Валентин Петрович (1881—1953) — один из виднейших деятелей русской и советской радиотехники, член корреспондент Академии наук СССР, Заслуженный деятель науки и техники

В родился в 1881 г на Кувинском заводе Пермской губ По окончании Петербургского технологического института он избрал своей специальностью электрические машины высокой частоты, чему в значительной степени способствовали доклады и лекции А С Попова, которые В посещал в студенческие годы

Начав свою деятельность на первом русском радиозаводе — *Радиотелеграфном депо*, В разработал машины повышенной частоты (500—1000 *гц*) для питания искровых радиопередатчиков

В 1920—1922 г , работая в Нижегородской радиолаборатории, В сконструировал машины высокой частоты мощностью 50 и 150 *квт* для Октябрьской радиостанции в Москве Одновременно он разрабатывал и строил высоковольтный ртутный выпрямитель для питания анодов ламп радиопередатчиков.

Этот первый в мире высоковольтный ртутный выпрямитель работал на радиотелеграфной станции в Свердловске.

Деятельность В. в Нижегородской радиолаборатории получила высокую оценку Советского правительства. Известна записка В. И. Ленина, поддержавшего ходатайство о награждении Нижегородской радиолаборатории орденом Трудового Красного Знамени и о занесении имен профессоров М. А. Бонч-Бруевича, В. П. Вологдина и А. Ф. Шорина на Красную доску.

В 1923 г. В. переехал в Ленинград, где был назначен членом правления и директором по радио Треста заводов слабого тока. Здесь он организовал Центральную радиолабораторию, привлекая к работе в ней крупных радиоспециалистов, вел подготовку молодых научных работников, занимался разработкой важных технических проблем, главным образом в области применения радиотехнических методов в народном хозяйстве.

В. — пионер в области разработки методов поверхностной закалки и высокочастотной плавки металлов. Уже в 1925 г. под руководством В. началось промышленное применение токов высокой частоты. В лаборатории В. были созданы печи высокой частоты для плавки высококачественных металлов, разработаны теория и практика применения индукционных печей, для питания которых применялись машины высокой частоты или ламповые генераторы.

С 1935 г. В. занимался высокочастотной закалкой металлов, поверхность которых испытывает усиленное трение и в связи с этим быстро изнашивается. В настоящее время высокочастотная закалка нашла самое широкое применение в отечественной промышленности и за рубежом.

Начав свою педагогическую деятельность в Нижнем Новгороде, В. продолжал ее в Ленинграде, где организовал в Электротехническом институте имени Ульянова (Ленина) лабораторию электротехники высоких частот, преобразованную затем в Научно-исследовательский институт техники высоких частот.

Советское правительство высоко оценило заслуги В., наградив его в 1944 г. орденом Ленина. В 1943 г. В. присуждена Государственная премия за разработку и внедрение в производство нового метода высокочастотной закалки поверхностей стальных изделий. В 1947 г. В. присуждена Золотая медаль имени А. С. Попова за выдающиеся научные работы и изобретения в области радио.

Волоконная оптика — раздел прикладной оптики, связанный с использованием очень тонких стеклянных нитей для передачи световой энергии, в частности — световых изображений. Световые лучи входят в стеклянные нити пучка с одной из торцевых сторон и, пройдя сквозь прозрачное стеклянное заполнение световодов-нитей, выходят из противоположных торцевых отверстий. В основе такой передачи световой энергии лежит явление полного внутреннего отражения — луч света испытывает многократное отражение от боковой поверхности цилиндра — нити и выходит только из второго торца световода. Это напоминает распространение электромагнитных волн по волноводу, но не полностью идентично ему, так как длина волны здесь несоизмерима с внутренней полостью световода. Для уменьшения потерь энергии в световоде на боковую его поверхность иногда наносится специальное покрытие. Большое прикладное значение приобретает то обстоятельство, что в известных пределах стеклянные нити можно изгибать. Таким образом, появляется возможность изменять направление светового потока, разветвлять световой сигнал по отдельным каналам-световодам Как следствие такой возможности, стали

появляться коммутаторы, кодирующие и декодирующие устройства и т. д. С появлением приборов для модуляции и бесконтактного переключения светового потока открылась возможность построения оптических вычислительных и информационно-логических машин.

Если изготовить волокна из вещества, пригодного для построения *квантовых генераторов*, и возбудить такое волокно, то можно передавать световую энергию вдоль нити, одновременно усиливая ее; так могут быть технически реализованы *нейристоры.*

В. о. нашла применение при создании так называемых скептронов — элементарных устройств для *опознания образов* (речевых и гидроакустических). Принцип действия скептрона состоит в следующем. На электромеханический преобразователь крепится пучок волокон так, что одни торцевые концы закреплены неподвижно, а другие — свободны и могут колебаться, вибрировать. На преобразователь поступает принятый микрофоном и усиленный звуковой сигнал, под воздействием которого свободные концы световодов могут раскачиваться. Амплитуда колебаний будет заметно велика лишь в том случае, если резонансная частота данного световода совпадает с одной из составляющих входного сигнала. Для того чтобы скептрон был настроен на полосу частот, свободные концы световодов должны иметь разную длину — от самого короткого с резонансной частотой, соответствующей верхней частоте полосы, до самого длинного, соответствующего нижней частоте заданной полосы. До сих пор все в скептроне происходило так, как в обычном электромеханическом резонансном фильтре. Оригинальным здесь является то, что световоды постоянно подсвечиваются с одной из торцевых сторон некоторым источником света. Значит, при колебаниях свободных концов световодов изменяется распределение светового потока, проходящего через пучок волокон. Эти изменения распределений зависят от входного, звукового сигнала. Зная, какое распределение соответствует звуковому сигналу, можно изготовить маску с отверстиями и поместить ее между концами световодов и фотоэлементом таким образом, чтобы последний регистрировал только вполне определенное изменение распределения светового потока. Другой скептрон настраивается таким же образом на другой звук и т. д. Некоторый набор скептронов образует единое опознающее устройство.

Вольтомметр — электроизмерительный прибор, представляющий собой сочетание *вольтметра* и *омметра.* При использовании В. в качестве вольтметра последовательно с измерительной системой прибора, как обычно, включается добавочное сопротивление. При использовании В. в качестве омметра последовательно с измерительной системой включается источник э. д. с. (обычно сухая батарея).

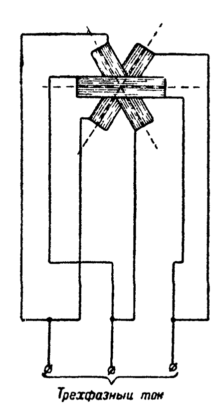
Волюм речи — наибольшее отклонение стрелки *волюмметра*, наблюдавшееся за время, не превышающее 10 *сек* и повторявшееся не менее двух раз. Обычно В. р. выражают в *децибелах* по отношению к мощности 1 *мвт* при сопротивлении 600 *ом.* Этому условию соответствует напряжение 0,775 *в*, которое принимается за 0 *дб.* В. р. определяется гласными звуками, так как им соответствует *уровень* на 20—30 *дб* выше уровня, возникающего при произнесении согласных звуков речи. В. р. обычно используется при определении наибольшего напряжения, возникающего в линиях телефонной связи.

Волюмметр — *импульсметр*, применяемый при измерениях *волюма речи* и имеющий время интеграции от 100 до 300 *мсек.* Американские В. имеют время интеграции

165 *мсек.* Шкала В. обычно градуируется в *децибелах.*

Воющий тон — звуковой сигнал, применяемый при акустических измерениях в помещениях и обычно получаемый с помощью генератора на *биениях.*

Вращающееся магнитное поле — переменное магнитное поле, остающееся более или менее постоянным по величине, но периодически меняющееся по направлению так, что вектор напряженности этого



поля вращается с постоянной угловой скоростью. В. м. п. можно получить путем сложения нескольких переменных полей, направление которых остается неизменным. При этом направления складываемых полей должны быть сдвинуты определенным образом в пространстве, а изменения их соответственно сдвинуты по фазе (во времени).

Наиболее распространен способ получения В. м. п. с помощью трехфазного тока. Если три катушки расположить под углом 120° одну к другой и питать их равными по амплитуде токами, сдвинутыми по фазе также на 120° (см. рис.), то результирующее поле трех катушек, оставаясь неизменным по величине, будет вращаться с периодом, равным периоду питающего тока.

В. м. п. было впервые осуществлено М. О. Доливо-Добровольским, который применил его в созданных им двигателях трехфазного тока. Две катушки, расположенные под углом 90° друг к другу и питаемые равными по амплитуде токами, сдвинутыми по фазе на 90°, также дают В. м. п. Однако в этом случае, помимо вращения вектора напряженности магнитного поля, происходят периодические изменения величины этого вектора.

Вращающиеся трансформаторы — элементы автоматических систем, которые служат для получения на вторичных обмотках напряжений, пропорциональных некоторым функциям угла поворота ротора. Конструктивно В. т. выполняется так же, как асинхронный двигатель. Как правило, на статоре и роторе размещено по две одинаковые обмотки, оси которых сдвинуты между собой на 90 эл. градусов. Ротор В. т. поворачивается при помощи точного редукторного механизма на произвольный угол относительно статора. При повороте ротора взаимная индуктивность между обмотками статора и ротора должна изменяться по закону, возможно более близкому к идеальной синусоиде. Допустимые отклонения от этого закона определяют погрешности В. т. Э. д. с., наводимые магнитным потоком в роторных обмотках, при повороте ротора будут пропорциональны синусу и косинусу угла поворота.

Существуют В. т., у которых напряжения на обмотках ротора пропорциональны углу поворота; такие В. т. называются линейными. Нагрузка, подключенная к роторным обмоткам В. т., искажает форму выходных напряжений и вызывает дополнительные погрешности. Для устранения погрешностей прибегают к симметрированию, т. е. путем подбора соответствующей нагрузки второй роторной (вторичное симметрирование) или второй

статорной (первичное симметрирование) обмотки уменьшают искажения.

Время восстановления ждущего релаксатора — интервал по окончании *квазиравновесия*, в течение которого завершается переход устройства в исходное состояние. Определяется скоростью перезаряда реактивностей устройства. В расчетах приравнивается времени, по истечении которого остаточный заряд не превышает 5—10% изменения заряда на стадии квазиравновесия.

Время восстановления обратного сопротивления диода — характеристика полупроводникового диода, рассматриваемая при импульсном режиме. Во время прохождения через диод импульса *прямого тока* в объеме полупроводника накапливаются *неосновные носители*. Если после выключения прямого тока к диоду сразу же приложить *обратное напряжение*, то в течение некоторого времени в цепи диода будет проходить значительный ток, обусловленный накопленными неосновными носителями, и лишь спустя В. в. о. с. д. *обратный ток p—n перехода* примет свое нормальное малое значение.

Время диффузии (в транзисторах) — среднее значение времени, в течение которого инъектированные *эмиттером* в базу *диффузионного транзистора* неосновные носители успевают преодолеть путь от эмиттерного *p—n* перехода до коллекторного *p—n* перехода.

Время жизни неравновесных носителей — интервал времени, в течение которого концентрация *неравновесных носителей* после прекращения действия фактора, вызывавшего их появление, уменьшается в *e* раз (на 63%). Чем чище полупроводниковый материал и чем меньше искажений в его кристаллической решетке, тем больше время жизни. См. также *Рекомбинация носителей в полупроводнике*.

Время запаздывания — время, на которое запаздывает начало реакции на выходе системы или отдельного звена по отношению к началу действия сигнала на входе. Отдельные элементы систем автоматического управления, обладающие свойством запаздывания, называются запаздывающими звеньями. К таким звеньям относят длинные линии с распределенными постоянными, длинные трубопроводы и т. д. Временна́я характеристика звена с запаздыванием будет такой же, как и у звена без запаздывания, но только сдвинута по времени на величину, равную времени запаздывания. Системы автоматического управления, содержащие звенья с запаздыванием, могут быть неустойчивыми по сравнению с аналогичными системами без звеньев с запаздыванием.

Время-импульсные системы телеизмерения — системы, у которых измеряемая величина после ряда преобразований отображается длительностью импульсов или пауз тока. Обычно длительность импульсов или пауз линейно зависит от показаний первичного прибора и меняется внутри постоянного периода повторения. В. с. т. могут работать на любом канале связи, в том числе и на радиоканале. Импульсы могут быть постоянного, переменного, модулированного тока, а также сигналами радиолокационных и радиорелейных станций. При передаче показаний многих приборов наряду с многократными методами параллельной передачи сигналов на несущих частотах возможно применение последовательной передачи.

Сущность последовательной многократной передачи состоит в том, что период повторения является периодом последовательного опроса всех приборов, показания которых необходимо передать. Каждому первичному прибору отводится небольшая доля периода повторения, в силу чего максимальная дли-

тельность каждого импульса мала сравнительно с длительностью паузы. В эту паузу и вводятся импульсы от других приборов. Порядок ввода, место и предоставленный каждому первичному прибору интервал времени внутри общего периода должны быть строго обусловлены. Такой метод передачи значительно экономнее параллельной многократности, требующей большого числа каналов связи.

Наиболее сложной задачей последовательной многократной передачи является распределение всех принятых сигналов по своим цепям. Для решения этой задачи необходима очень точная синхронная связь между передающими и приемными устройствами. В. с. т. предназначаются для передачи показаний первичных приборов с угловым поворотом, линейным перемещением или для передачи выходных электрических сигналов датчиков неэлектрических величин.

В В. с. т. прием может быть указательным, регистрирующим и интегрирующим. Указательный прием применяется в установках для оперативного управления; в испытательных установках применяется регистрирующий прием. Интегрирующий прием применяется при телеизмерении расходов (электроэнергии, пара, газа, воды и т. д.). В передающей части В. с. т. показания первичных приборов (датчиков) должны преобразовываться в импульсы переменной продолжительности. Для такого преобразования применяются устройства, вращающиеся с постоянной скоростью, а также устройства, работающие на принципе *динамической компенсации*.

Приемные устройства В. с. т. выполняются как измерители отношения длительности импульса к периоду повторения или отношения длительности импульса к длительности паузы. Наиболее просто такие величины определяются при помощи электрических приемников, действующих на принципе измерения среднего значения тока, или электромеханических приемников.

Время интеграции — см. *Импульсметр*.

Время обратного хода — часть периодов *строчной* и *кадровой разверток*, когда отклоняющие поля перемещают лучи передающей и приемной трубок с конца строки в начало следующей и с последней строки в первую. В. о. х. строки обычно не превышает 18%, а кадра — 7—8% периода развертки.

Время обращения (к *запоминающему устройству*) — время, затрачиваемое на выполнение одной операции записи или считывания информации в запоминающем устройстве. При считывании В. о. складывается из времени поиска ячейки по заданному адресу, времени считывания и времени восстановления или регенерации информации, разрушенной при считывании. Затраты времени на восстановление информации можно избежать при *неразрушающем считывании*. При записи В. о. складывается из времени поиска ячейки, времени стирания ранее записанной информации и времени записи. В ряде устройств стирания информации перед записью новой не требуется. В. о. при записи и при считывании имеют величины одного порядка и могут составлять в наиболее быстродействующих современных *оперативных запоминающих устройствах* десятые или даже сотые доли микросекунды.

Время переключения — параметр, характеризующий быстродействие *запоминающего элемента*, *транзистора* или *диода* (когда последние работают в ключевом режиме). Для каждого случая В. п. определяется по-своему и иногда называется иначе. Например, быстродействие тороидального сердечника из ферромагнитного материала с прямоугольной петлей гистерезиса характеризуется так называемым временем

перемагничивания — промежутком времени, в течение которого напряжение (или магнитный поток) на сигнальном проводе изменится от 10 до 90% своего максимального значения В п измеряется обычно с помощью осциллографа при визуальном наблюдении процесса переключения

Время переноса — среднее значение времени, в течение которого неосновные носители, инъектированные *эмиттером* в базу *транзистора*, преодолевают путь от эмиттерного *p—n* перехода до коллекторного *p—n* перехода

Время пролета электронов — обусловленное *инерцией электронов* время, которое затрачивают электроны на пролет от катода до анода или до другого электрода электронного прибора Если В п э приближается к периоду управляющего прибором высокочастотного напряжения, то управляющее напряжение за В п э может изменить не только величину, но и направление, что существенно сказывается на работе прибора В п э в электронной лампе, имеющее в обычных лампах величину порядка $5 \cdot 10^{-9}$ *сек*, становится сравнимым с периодом усиливаемых колебаний для диапазона сверхвысоких частот, что препятствует применению обычных ламп в этом диапазоне

Электронные приборы для усиления и генерации сверхвысоких частот по принципу действия существенно отличаются от электронных ламп Эти приборы — *клистроны*, *магнетроны*, *лампы бегущей волны* и др — основаны на использовании как раз того обстоятельства, что В п э сравнимо с частотой усиливаемых или генерируемых колебаний

Время рассасывания — 1) в *транзисторе* (в импульсном режиме) — отрезок времени от момента выключения входного тока, вызвавшего насыщение (см *Насыщения область*), до начала спада коллекторного тока, 2) в *полупроводниковых диодах* — см *Время восстановления обратного сопротивления*

Всесоюзные выставки творчества радиолюбителей-конструкторов — ежегодные всесоюзные смотры достижений радиолюбителей конструкторов — показ их лучших конструкций и обмен опытом, средство пропаганды достижений радиоэлектроники и радиотехнических знаний Организуются Центральным радиоклубом ДОСААФ

Сначала проводятся местные, отборочные выставки, описания лучших экспонатов которых высылаются в Москву Например, в 1964 г , во время подготовки к XX выставке, в 120 местных радиовыставках приняло участие 34 тысячи радиолюбителей Более тысячи описаний наиболее интересных конструкций, отмеченных на местных выставках, было направлено во Всесоюзный выставочный комитет

Рассмотрев эти описания, жюри отбирает лучшие из них для показа на Всесоюзной радиовыставке. Многие экспонаты для нее привозят сами конструкторы, вызываемые в Москву Выставочным комитетом Эти конструкторы участвуют в ежегодной научно технической конференции радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ

Выставки, именовавшиеся вначале Всесоюзными заочными радиовыставками, проводятся с 1935 г В октябре 1965 г была проведена XXI выставка творчества радиолюбителей конструкторов ДОСААФ под девизом «Радиолюбители — техническому прогрессу»

Радиолюбители, работая в различных отраслях народного хозяйства и хорошо зная нужды производства, на общественных началах разрабатывают и создают радиотехнические приборы, которые способствуют повышению производительности труда, удешевлению и улучшению качества выпускаемой продукции На выставках эти конструкции демонстрировались ранее

в разделе «Радиолюбители — народному хозяйству». Теперь, с ростом количества участников выставок и расширением диапазона их технических интересов, появляются новые разделы: радиоэлектроника в сельском хозяйстве, промышленности, медицине, коммунальном хозяйстве, науке, химической промышленности.

Вспышка — сигнал цветовой синхронизации в *одновременной системе цветного телевидения Эн-Ти-Эс-Си.* В. образуется отрезком синусоидальных колебаний (9—11 периодов), имеющих частоту *цветовой поднесущей* и фазу, отличающуюся от фазы колебаний «синего» на 180°. В. расположена на задней площадке строчного гасящего импульса и служит для работы синхронных детекторов сигналов цветности при *квадратурной модуляции* цветовой поднесущей.

Вторичная радиолокация — радиолокационное обнаружение объектов и определение их координат путем приема не отраженных от них радиоимпульсов, а мощных радиоимпульсов, излучаемых специальным передатчиком, установленным на данном объекте-цели.

Передатчик радиолокатора — запросчик — посылает в направлении объекта радиоимпульс или ряд импульсов — кодированный запрос. Сигнал, принятый установленным на цели приемником, включает передатчик — ответчик, сигнал которого тоже может быть кодирован. Так как мощность ответного сигнала, естественно, намного больше мощности сигналов, отраженных целью при обычной радиолокации, В. р. применяется при больших удалениях или малой поверхности цели. Типичные примеры В. р. — *радиолокационные маяки* и станции *радиолокационного опознавания.*

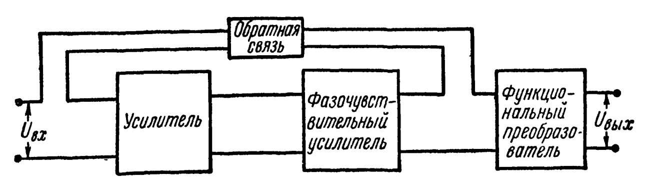
Вторичная эмиссия — явление, состоящее в том, что электрон, ударивший в поверхность тела с достаточно большой скоростью, выбивает из нее один или несколько «вторичных» электронов. Число их зависит от скорости первичных электронов, свойств поверхности, подвергающейся электронной бомбардировке, и от угла, под которым падают на нее первичные электроны. Соответствующей обработкой металлических поверхностей можно достичь того, что каждый первичный электрон будет выбивать несколько вторичных электронов. В таком виде В. э. нашла важное практическое применение в *электронных умножителях.* В обычных электронных лампах при положительных напряжениях на электродах (чаще всего на аноде) порядка 10—20 *в* и более возникает В. э., которая в большинстве случаев играет вредную роль (см. *Динатронный эффект*).

Электроны могут быть выбиты с поверхности тела не только при ударах первичных электронов, но и при ударах других частиц, например — газовых ионов. В этом случае число выбиваемых электронов будет зависеть еще и от массы иона, так как кинетическая энергия частицы пропорциональна ее массе. Электронная эмиссия за счет выбивания электронов ударами положительных ионов наблюдается, например, при тлеющем *газовом разряде.*

Вторичные преобразователи — измерительные преобразователи (датчики), на входе которых действуют различные по природе и величине сигналы, а на выходе — сигналы, унифицированные по величине выходного напряжения или тока.

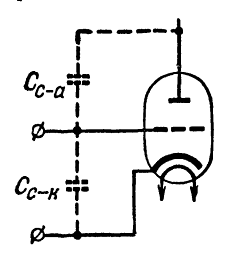
Структурные схемы В. п. содержат входной усилитель, фазочувствительный усилитель, функциональный преобразователь, обратную связь с выхода на вход (см. рис.). От схем включения обычных датчиков эти схемы отличаются наличием на выходе функционального преобразователя, который предназначен для исключения

погрешностей от нелинейных характеристик первичных датчиков. Обратная связь служит для линеаризации характеристик усилителей В. п.



В. п. должны удовлетворять следующим основным требованиям: 1) равнозначность выходных сигналов независимо от характера измеряемых величин; 2) строгая линейность характеристик преобразования.

Входная емкость электронной лампы — емкость, которой обладает входная цепь *электронной лампы* вследствие наличия *междуэлектродных емкостей*. Емкостный ток, текущий во *входной цепи лампы* (см. рис.), представляет собой сумму



двух емкостных токов — одного, текущего от сетки к аноду через емкость сетка — *анод* $C_{с-а}$, и другого, текущего от сетки к катоду через емкость сетка — катод $C_{с-к}$. Поэтому в образовании В. е. э. л. участвуют обе емкости: $C_{с-а}$ и $C_{с-к}$. Ток через емкость $C_{с-а}$ зависит от величины переменного напряжения на аноде: чем больше величина усиленного переменного напряжения на аноде, противоположного по фазе напряжению на сетке, тем больше емкостный ток, текущий через $C_{с-а}$. Следовательно, чем больше усиление, даваемое лампой, тем больше роль емкости $C_{с-а}$. В случае чисто активного сопротивления анодной нагрузки В. е. э. л. равна $C_{вх} = C_{с-к} + (1 + k) C_{с-а}$, где k — коэффициент усиления каскада. В случае реактивного сопротивления анодной нагрузки В. е. э. л. зависит от сдвига фаз между напряжениями на сетке и на аноде, обусловленного реактивным характером анодной нагрузки.

Входное сопротивление длинной линии — отношение напряжения к току в начале (на входе) линии, т. е. то сопротивление, которое представляет собой линия для генератора, присоединенного к ее началу. В. с. д. л. зависит, с одной стороны, от частоты питающего тока, а с другой — от свойств самой линии, ее длины и характера сопротивления нагрузки, включенного на другом конце линии. Если генератор создает в линии чистые *бегущие волны*, В. с. д. л. становится равным ее *волновому сопротивлению* и не зависит ни от длины линии, ни от частоты питающего тока. Этот режим стремятся осуществить в большинстве случаев на практике, так как он позволяет наиболее эффективно применять длинные линии. Чтобы в линии возникали чистые бегущие волны, нужно на конце линии иметь *согласованную нагрузку*. Тогда режим работы генератора будет таким же, как и в случае когда сопротивление этой нагрузки присоединено прямо к генератору, а линии вообще нет (при условии, что затухание волн в самой линии мало и им можно пренебречь). Именно потому, что в случае чисто

бегущих волн линия вообще не влияет на режим работы генератора, этот режим линии и является наиболее удобным.

В случае когда нагрузка на конце линии не согласована и в линии возникают *стоячие электромагнитные волны*, В. с. д. л. зависит от ее длины. При этом оно изменяется периодически с длиной линии. Наибольшее и наименьшее значения, которых достигает В. с. д. л. при изменении ее длины, зависят от величины сопротивления нагрузки. Если на длине линии укладывается нечетное число четвертей длины волны, то В. с. д. л.

$$Z_{вх} = \frac{Z_в^2}{Z_н},$$

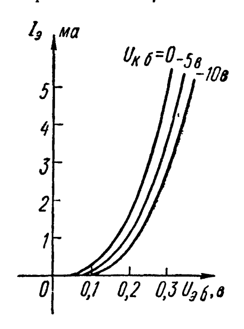
где $Z_н$ — сопротивление нагрузки, а $Z_в$ — волновое сопротивление линии.

Если на длине линии укладывается четное число четвертей длины волны, т. е. целое число полуволн, то $Z_{вх} = Z_в$. В частных случаях, когда линия на конце разомкнута ($Z_н \to \infty$) или замкнута накоротко ($Z_н = 0$), В. с. д. л. изменяется в зависимости от длины линии в очень широких пределах (в идеальной линии без потерь — от 0 до ∞).

Входное сопротивление четырехполюсника — отношение напряжения к току на входе *четырехполюсника*. В. с. ч. зависит не только от свойств самого четырехполюсника, но и от характера нагрузки на выходе четырехполюсника. Для того чтобы четырехполюсник являлся *согласованной нагрузкой* для источника, к которому он присоединен, В. с. ч. должно быть равно внутреннему сопротивлению источника.

Входное сопротивление электронной лампы — сопротивление, которое представляет собой участок сетка — катод для подводимых к лампе переменных напряжений. Если бы внутри лампы не было электронов, то В. с. э. л. определялось бы только ее *входной емкостью*. Присутствие электронов в пространстве сетка — катод приводит к тому, что в сеточном токе появляется активная составляющая (электронный ток, совпадающий по фазе с напряжением между сеткой и катодом) и значит, в цепи сетки рассеивается некоторая мощность. Чем меньше В. с. э. л., тем бо́льшую мощность нужно подводить к сетке лампы, чтобы управлять анодным током. При малых В. с. э. л. необходимая для управления анодным током мощность настолько возрастает, что лампа становится уже непригодной для усиления колебаний. Вследствие *инерции электронов* на сверхвысоких частотах В. с. э. л. быстро уменьшается с ростом частоты, и это является одной из причин малой эффективности работы электронных ламп обычного типа при усилении сверхвысоких частот.

Входные характеристики транзистора — графики, показывающие зависимость входного тока от входного напряжения *транзистора* при



различных фиксированных напряжениях (или токах) в выходной цепи транзистора. Так, при включении транзистора по схеме с общей базой (см. *Схемы включения транзистора*) В. х. т. выражают зависимость тока эмиттера $I_э$ от напряжения на эмиттерном переходе $U_{э.б}$ при нескольких значениях

напряжения на коллекторном переходе $U_{к.б}$.

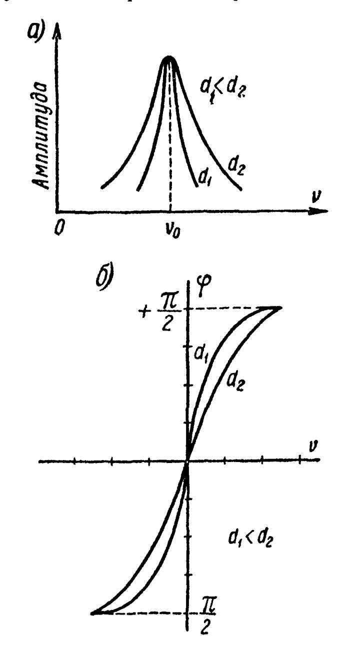
В. х. т. отличаются быстрым нарастанием тока при небольших прямых напряжениях. На рис. изображено семейство входных характеристик транзистора типа П13 в схеме с общей базой.

Выносной индикатор (радиолокационной станции) — индикатор, находящийся не в расположении станции, а в некотором пункте, удаленном от нее, что позволяет вести радиолокационное наблюдение за обстановкой непосредственно из этого пункта.

Вынужденные колебания — *колебания*, возникающие в системе под действием переменной внешней силы, изменения которой носят повторяющийся или приблизительно повторяющийся характер. В. к. являются, например, механические колебания подвижной системы звучащего громкоговорителя под действием переменного тока, питающего громкоговоритель, электрические колебания в приемной антенне, возбуждаемые приходящей электромагнитной волной, и т. д.

Характер В. к. определяется характером изменений внешней силы. Однако В. к. далеко не всегда в точности повторяют все изменения действующей силы. Если внешняя сила является периодической, то В. к. также являются периодическими и частота их совпадает с частотой внешней силы, но их форма может существенно отличаться от формы внешней силы. Если же внешняя сила не только является периодической, но изменяется по гармоническому закону, то В. к. также являются гармоническими (за исключением В. к. в *нелинейных цепях*). Этим и определяется особое место, которое отводится действию гармонической внешней силы при рассмотрении В. к. Период и форма В. к. в этом случае заранее известны. Остается определить только их амплитуду и сдвиг фаз между В. к. и внешней силой (для краткости дальше будем говорить не о сдвиге фаз, а о фазе), которые зависят от соотношения между частотой внешней силы и частотами *собственных колебаний* системы, а также от величины затухания этих последних.

Когда частота внешней силы приближается к частоте одного из собственных колебаний системы, наступает *явление резонанса* — амплитуда В. к. резко возрастает, тем



резче, чем меньше затухание d собственных колебаний в системе. Достигнув максимума при совпадении частоты внешней силы ν с частотой собственных колебаний ν_0, амплитуда В. к. при дальнейшем изменении частоты внешней силы снова уменьшается (см. рис. *а*). В области резонанса резко изменяется также и фаза В. к. (см. рис. *б*). Если частота внешней силы ν гораздо меньше, чем частота собственных колебаний системы ν_0, то фаза В. к.

равна —90°, т. е. в случае механических колебаний скорость опережает по фазе внешнюю силу, а в случае электрических колебаний ток опережает по фазе э. д. с. на 90°. При приближении к резонансу фаза В. к. изменяется от —90° до 0, и при резонансе скорость или ток по фазе совпадает с внешней силой или внешней э. д. с. После резонанса фаза В. к. продолжает изменяться в том же направлении и при частоте внешней силы, гораздо большей, чем собственная частота системы, фаза В. к. приближается к 90°, т. е. скорость или ток отстает по фазе от внешней силы или внешней э. д. с. на 90°.

В системах, которые не обладают способностью совершать собственные колебания (см. *Апериодические системы*), явление резонанса вообще не наступает — амплитуда и фаза В. к. мало зависят от частоты внешнего воздействия. В простейших *колебательных контурах*, обладающих одной частотой собственных колебаний, явление резонанса наблюдается только вблизи этой единственной частоты. В более сложных колебательных системах, обладающих несколькими частотами собственных колебаний, резонанс наблюдается во всех областях, где частота внешней силы близка к одной из собственных частот системы.

Периодическая, но негармоническая внешняя сила может быть разложена в *гармонический спектр*. Если система, на которую действует эта сила, не является нелинейной, то в ней имеет место *суперпозиция колебаний*. Это значит, что В. к. под действием негармонической силы можно рассматривать как сумму всех В. к., возникающих под действием каждой из гармонических составляющих спектра внешней силы. Таким образом, рассмотрение В. к. под действием негармонической силы сводится к рассмотрению В. к. под действием гармонических сил.

Так как в колебательных системах амплитуда и фаза В. к. зависят от частоты внешней силы, то для разных гармонических составляющих соотношения между амплитудами и фазами гармонических составляющих в В. к. окажутся не такими, как у внешней силы, и, следовательно, форма В. к. будет отличаться от формы внешней силы. Таким образом, в колебательных системах любая форма внешнего воздействия, кроме гармонического, неизбежно в большей или меньшей степени искажается. Чтобы устранить эти искажения, необходимо подавить явление резонанса в колебательной системе, т. е. сделать систему апериодической.

Выпрямитель — устройство, служащее для получения тока постоянного направления от источника переменной э. д. с. Выпрямление может быть достигнуто либо путем переключения полюсов источника в те моменты, когда переменная э. д. с. меняет направление (механические В.), либо применением проводников с сильно несимметричной проводимостью, т. е. таких проводников, у которых сопротивление в одном направлении («прямом») гораздо меньше, чем в другом («обратном»), вследствие чего ток в прямом направлении оказывается гораздо больше, чем в обратном. При очень сильной несимметрии в проводимости можно считать, что ток течет только в одном направлении. В зависимости от типа проводников, обладающих несимметричной проводимостью, различают В. *кенотронные*, *полупроводниковые*, или *твердые*, *ртутные*, *газотронные* (см. *Газотрон*).

Выравнивание фона изображения («шейдинг») (ТВ) — наложение на сигнал изображения независимо формируемых колебаний напряжения, которые компенсируют неравномерность фона и уровня черного. Эта неравномерность получается в результате дефектов работы *иконоскопа* и *супериконоскопа*,

а также других причин. Компенсирующие сигналы обычно имеют форму парабол и зубцов «пилы» с частотой строк и полей (кадров). Размах и полярность компенсирующих сигналов регулируются оператором по осциллограммам видеосигналов и изображению на экране видеоконтрольного устройства.

Выращенные транзисторы — *транзисторы*, изготовляемые путем выращивания (вытягивания) монокристалла германия или кремния из расплава полупроводника. Благодаря периодическому внесению в расплав различных легирующих примесей, в выращиваемом монокристалле создаются чередующиеся зоны с электронной (n) и дырочной (p) проводимостями. Соответствующей распиловкой такого монокристалла получают большое количество транзисторных структур с двумя $p—n$ переходами. При другом способе изготовления в расплав основного полупроводника заранее вводятся примеси обоих типов, но, вытягивая монокристалл с периодически изменяющейся скоростью, также получают целый ряд $p—n$ переходов из-за различных коэффициентов сегрегации (скоростей перехода из расплава в твердый кристалл) используемых примесей.

Высокие частоты — частоты колебаний, лежащие выше звуковых частот, т. е. выше 15 000—20 000 *гц*. При этом самые высокие частоты обычно выделяют в группу *сверхвысоких частот*.

Высокочастотная закалка — закалка металлов путем нагревания *вихревыми токами* повышенной частоты. Вследствие *поверхностного эффекта* вихревые токи повышенной частоты возникают только в поверхностном слое изделия, который и может быть закален. В. з. имеет ряд существенных преимуществ перед обычной, при которой нагреву, а значит и закалке, подвергается вся деталь.

Советскому Союзу принадлежит ведущее место в разработке и развитии В. з. Пионером в этой области является *В. П. Вологдин*.

Высокочастотная керамика — керамические изоляционные материалы, обладающие малыми *диэлектрическими потерями* на высоких частотах. В. к. применяется для изоляторов и в качестве диэлектрика конденсаторов, работающих на высоких частотах.

Высокочастотный дроссель — катушка индуктивности, представляющая большое индуктивное сопротивление для токов высокой частоты. Для этого, помимо достаточно большой индуктивности, В. д. должен обладать малой *паразитной емкостью*, что достигается делением обмотки дросселя на секции или применением специальных типов намотки с малой *междувитковой емкостью*. Сердечники в В. д. либо вовсе не применяются, либо делаются из *магнитодиэлектрика*.

Высокочастотный кабель — кабель, предназначенный для передачи с малыми потерями электромагнитной энергии на высоких частотах. Потери энергии в В. к. слагаются из потерь на излучение, нагревание металла и нагревание диэлектрика. Чтобы потери на излучение были малы, двухпроводный кабель должен быть достаточно симметричным, а оба его провода — расположены на возможно меньшем расстоянии друг от друга. Для уменьшения потерь на нагревание металла поверхность проводов должна быть возможно больше, так как вследствие *поверхностного эффекта* высокочастотные токи распространяются только по поверхности проводника. Однако в двухпроводном кабеле трудно выполнить оба эти требования одновременно. Легче решается задача уменьшения потерь на излучение и нагревание металла в *коаксиальных кабелях*, которые поэтому более распространены. С целью умень-

шения потерь на нагревание диэлектрика в В. к. применяются специальные изоляционные материалы с малыми *диэлектрическими потерями*, например полистирол.

Выходная емкость электронной лампы — емкость выходной цепи электронной лампы. При низких частотах можно пренебрегать индуктивностями выводов лампы и полагать В. е. э. л.

$$C_{\text{вых}} = C_{\text{а.к}},$$

где $C_{\text{а. к}}$ — емкость анод—катод.

При повышении частоты индуктивные сопротивления выводов частично компенсируют емкостное сопротивление выхода, эквивалентная величина В. е. э. л. растет и

$$C_{\text{вых}} > C_{\text{а.к}}.$$

Однако практически $C_{\text{вых}}$ возрастает незначительно, что позволяет при расчетах даже на высоких частотах полагать с достаточной точностью

$$C_{\text{вых}} = C_{\text{а.к}}.$$

Выходное сопротивление электронной лампы — сопротивление выходной цепи электронной лампы. Оно имеет как активную, так и реактивную составляющие. Реактивная составляющая В. с. э. л. имеет емкостный характер и определяется *выходной емкостью электронной лампы.* Активная составляющая на низких частотах равна R_i, т. е. *внутреннему сопротивлению электронной лампы*, но с повышением частоты она изменяется вследствие *обратной связи*, образующейся благодаря наличию индуктивности катодного вывода лампы (см. *Индуктивность выводов*), сопротивлением которой можно пренебрегать на низких частотах.

Полная активная выходная проводимость лампы на высоких частотах может быть представлена выражением

$$G_{\text{вых}} = \frac{1}{R_i} + \omega^2 L_{\text{к}} C_{\text{а.к}} S,$$

где ω — угловая частота; $L_{\text{к}}$ — индуктивность катодного вывода; $C_{\text{а. к}}$ — емкость анод — катод; S — крутизна лампы.

Действительно, при постоянной величине переменного напряжения на аноде лампы емкостный ток через емкость анод — катод лампы будет пропорционален произведению $\omega C_{\text{а. к}}$. Этот ток создает на индуктивном сопротивлении катодного вывода падение напряжения, которое будет равно произведению тока на величину сопротивления и, следовательно, пропорционально произведению

$$\omega C_{\text{а.к}} \omega L_{\text{к}} = \omega^2 L_{\text{к}} C_{\text{а.к}}.$$

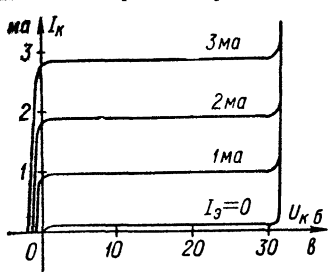
Напряжение это действует между катодом и сеткой и создает в анодной цепи лампы дополнительную чисто активную составляющую переменного тока, равную произведению этого напряжения на крутизну лампы и, следовательно, пропорциональную $\omega^2 L_{\text{к}} C_{\text{а.к}} S$. Иначе говоря, к низкочастотной выходной проводимости лампы $1/R_i$ добавляется при высоких частотах проводимость, выражаемая как $\omega^2 L_{\text{к}} C_{\text{а. к}} S$.

Практически в высокочастотных пентодах величина активной выходной проводимости в диапазоне метровых волн возрастает в 10—20 раз по сравнению с ее величиной на низких частотах.

Выходное устройство — то же, что *устройство вывода.*

Выходной трансформатор — трансформатор, первичная обмотка которого находится в цепи последней ступени усиления, а вторичная подключается к нагрузке. В большинстве случаев сопротивление нагрузки меньше внутреннего сопротивления оконечного *усилителя* мощности. Поэтому В. т. обычно является понижающим и позволяет в той или иной степени согласовать эти сопротивления, обеспечивая условия, необходимые для передачи наибольшей мощности во внешнюю нагрузку усилителя.

Выходные характеристики транзистора — графики, выражающие зависимость выходного тока от выходного напряжения транзистора при различных фиксированных напряжениях (или токах) во входной цепи транзистора. Так, при включении транзистора по схеме



с общей базой (см. *Схемы включения транзистора*) В. х. т. могут иллюстрировать зависимость тока коллектора $I_к$ от напряжения на коллекторном переходе $U_{к.б}$ при нескольких значениях тока эмиттера $I_э$. На рис. изображено семейство выходных характеристик транзистора типа П13 в схеме с общей базой.

Вычислительное устройство — устройство, предназначенное для механизации или автоматизации тех или иных математических операций или последовательностей этих операций. В зависимости от способа представления величин различают В. у. непрерывного действия (аналоговые или моделирующие) и дискретные (цифровые) В. у.

Простейшими В. у. первого типа являются логарифмическая линейка, функциональный *потенциометр*; простейшие цифровые В. у.— конторские счеты, арифмометр. По типу конструктивных элементов В. у. подразделяют на механические (в том числе пневматические и гидравлические), электромеханические, электронные. В зависимости от сложности В. у. называют: вычислительными приборами или приспособлениями (логарифмическая линейка, планиметр, интеграф, счеты, арифмометр), устройствами (интегратор, табулятор, клавишное В. у. и др.), машинами (*цифровая вычислительная машина, аналоговая вычислительная машина*). Очень часто В. у. называют счетно-решающим устройством.

Г

Газовый разряд (электрический разряд в газе) — процесс прохождения электрического тока через газ. В нормальном состоянии газ не является проводником электричества. Однако если газ находится в достаточно сильном электрическом поле, то в нем может возникнуть электрический разряд, например в виде искры — искровой разряд. Если же газ разрежен (но не очень сильно), то явление Г. р. возникает при низких напряжениях. Возникновение Г. р. в разреженном газе облегчается тем, что под действием электрического поля имеющиеся в газе в небольшом количестве свободные электроны проходят больший путь до столкновения с молекулой газа, а значит приобретают бóльшую скорость и бóльшую кинетическую энергию, чем в плотном газе. Этой энергии оказывается достаточно для того, чтобы вызвать *ионизацию газа*, вследствие чего появляются все новые и новые свободные электроны и положительные ионы, которые движутся от одного электрода к другому и переносят с собой электрические заряды.

Образование ионов, а также соединение ионов и электронов в нейтральные атомы (рекомбинация), которое все время происходит при Г. р , обычно сопровождается свечением, причем характер этого свечения зависит от рода атомов газа. Если напряжение источника питания разряда мало́ или последовательно с прибором, в котором происходит газовый разряд, вклю-

чено достаточно большое ограничивающее сопротивление, разряд имеет характер «тлеющего». При этом газовые ионы под действием сил поля бомбардируют катод прибора и выбивают из него новые свободные электроны, подобно процессу *вторичной эмиссии*. Число столкновений с молекулами газа растет, что увеличивает число ионов и, в свою очередь, увеличивает число новых свободных электронов, выбиваемых из катода. Ток имеет тенденцию нарастать лавинообразно, но возрастание падения напряжения на ограничивающем сопротивлении ограничивает напряжение на газовом приборе, скорости бомбардирующих ионов и число новых свободных электронов. Поэтому тлеющий разряд характерен малой плотностью тока.

В технике находит применение ряд приборов с тлеющим разрядом: газосветные лампы, *газовый стабилизатор напряжения*, *тиратрон с холодным катодом* и др.

Если уменьшить величину ограничивающего сопротивления или повысить напряжение источника, ионная бомбардировка катода вызывает сильный его нагрев и возникает явление *термоэлектронной эмиссии*, плотности тока значительно возрастают, а напряжение между электродами разрядного прибора падает. Такой вид разряда называется термоэлектронной дугой.

В других случаях в разреженном газе положительные ионы газа при большой плотности тока, т. е. интенсивной ионизации, настолько близко подходят к катоду (на расстояние 10^{-5}—10^{-6} *см*), что напряженность поля у катода достигает 10^{6}—10^{7} *в/см*. Силы поля начинают вырывать из катода свободные электроны, и начинается так называемая *автоэлектронная эмиссия*.

Приборы, использующие автоэлектронный дуговой разряд: *ртутный выпрямитель*, *игнитрон*.

Существуют приборы, в которых разогрев катода для получения термоэлектронной эмиссии производится не за счет самого тока разряда, а путем накаливания катода, как в обычной электронной лампе. Разряд в этих приборах называют несамостоятельным. Такой разряд используется в ряде приборов, например в *газотроне*, *тиратроне*.

Газовый разрядник — устройство, предназначенное для замыкания электрической цепи в результате возникновения тлеющего или дугового *газового разряда*. При возникновении под действием электрического напряжения газового разряда промежуток между электродами Г. р. становится проводящим, и цепь, в которую он включен, замыкается. После того как напряжение на Г. р. падает ниже величины, необходимой для поддержания разряда, последний прекращается, и цепь, в которую включен Г. р., разрывается.

Г. р. применяются главным образом в тех случаях, когда необходимо производить замыкание или размыкание цепи за столь короткое время, что механические выключатели не успевают сработать. Г. р. специальной конструкции, являющиеся одновременно *объемными резонаторами*, используются в качестве *антенных переключателей* в радиолокации.

Газовый стабилизатор напряжения (*стабилитрон* или стабиловольт) — прибор тлеющего *газового разряда*, предназначенный для стабилизации величины напряжения. Действие его основано на том, что при тлеющем разряде напряжение на электродах в некоторых пределах изменения тока разряда практически остается постоянным.

Г. с. н. обычно присоединяется к источнику тока через некоторое добавочное сопротивление, роль которого может играть внутреннее сопротивление источника, если оно достаточно велико. При изменении э. д. с. источника изменяется ток,

текущий через Г.с. н., но при этом происходит как раз такое изменение падения напряжения на добавочном сопротивлении (или на внутреннем сопротивлении источника), что напряжение на Г. с. н. остается неизменным. При колебаниях напряжения источника тока на ±10% напряжение на выходе Г. с. н. изменяется обычно не более чем на ±1%.

Газоразрядные приборы — приборы, в которых происходит *газовый разряд*. К ним относятся, например, приборы с несамостоятельным разрядом — *газотроны*, *тиратроны*; приборы с тлеющим разрядом — газосветные лампы, *газовые стабилизаторы напряжения*, *декатроны* и др.; приборы с дуговым автоэлектронным разрядом — *ртутные выпрямители*, *экситроны* и др.

Газоразрядный фотоэлемент — *фотоэлемент* с внешним *фотоэффектом*, баллон которого содержит разреженный газ. Обычно в Г. ф. применяют один из инертных газов, во избежание химических реакций с материалом *фотокатода*. Столкновения электронов, летящих от катода к аноду, с молекулами газа вызывают его ионизацию. Положительные заряды ионов частично компенсируют отрицательный *пространственный заряд* электронов, вследствие чего возрастает ток фотоэлемента и его чувствительность. Однако режим фотоэлемента должен быть подобран таким, чтобы ионизация была очень слабая, не сопровождающаяся свечением газа (тихий разряд).

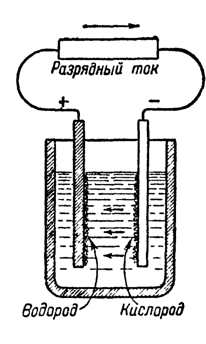
Если возникает более интенсивная ионизация со свечением газа (тлеющий разряд), то ионная бомбардировка катода приводит к быстрому разрушению его поверхностного слоя и гибели фотоэлемента.

Процессы возникновения и прекращения газового разряда не могут происходить с очень большой скоростью. Поэтому Г. ф. применим только при условии, что частота изменений падающего на него света не очень велика.

Газотрон — двухэлектродная лампа для выпрямления тока, отличающаяся от вакуумного диода — *кенотрона* — наличием в баллоне ртутных паров или нейтральных газов, например аргона, при давлении много ниже атмосферного. Испускаемые катодом электроны при своем движении к аноду сталкиваются с газовыми молекулами и, если скорость их достаточно велика, могут вызвать ионизацию газа. Образующиеся положительные ионы движутся к катоду и нейтрализуют отрицательный *пространственный заряд* электронного облака, окружающего катод, вследствие чего уменьшается внутреннее сопротивление Г. и падение напряжения на нем по сравнению с кенотроном. Благодаря этому, к. п. д. выпрямителей на Г. выше, чем у кенотронных выпрямителей. *Газовый разряд* в Г. несамостоятельный. Для получения больших токов (Г. могут быть построены для токов до десятков ампер) в Г. используется накаливаемый, обычно *оксидный катод*. Ионная бомбардировка катода может разрушить его активированную поверхность, но в нормальном режиме падение напряжения на Г. с наполнением ртутными парами не превосходит 12 *в* и скорости ионов, бомбардирующих катод, очень малы для разрушительного действия. Однако, если температура Г. слишком низка (например, при недокале катода), падение напряжения на Г. сильно растет и скорости ионов достигают опасных значений. Это обстоятельство заставляет перед включением ртутного Г. предварительно прогревать его (в больших Г. — до получаса), включая только цепь накала катода. Другим существенным недостатком Г. является возможность возникновения *обратного зажигания*.

Гальваническая связь — см. *Связь между контурами*.

Гальванический элемент — источник э. д. с., возникающей в результате химических реакций, в котором работа э. д. с. совершается за счет химической энергии. Устройство простейшего Г. э. схематически изображено на рис. Два электрода из разного материала, например угля и цинка, погружены в раствор кислоты или соли, например нашатыря, называемый электролитом. При замыкании электродов на внешнюю цепь в ней протекает ток от положительного



полюса (угля) к отрицательному (цинку). Существует большое число Г. э., различающихся составом электродов, электролита и конструкцией; они развивают различную э. д. с., зависящую только от состава электродов и электролита, и обладают различным внутренним сопротивлением, которое зависит также от размеров Г. э. Во всех Г. э. вещество электродов и электролита расходуется при химических реакциях, и Г. э. истощается («разряжается»). Вновь зарядить его (как аккумулятор) невозможно. Таким образом, Г. э. обладает некоторым ограниченным запасом энергии, который определяет *емкость Г. э.* Последняя зависит от размеров Г. э., а также состава электродов, электролита и от конструкции Г. э. Все Г. э. можно разделить на три основных типа — *наливные*, *водоналивные* и *сухие*.

Гальванометр — прибор для измерения слабых токов. Г. для измерения постоянных токов, как правило, принадлежат к классу магнитоэлектрических электроизмерительных приборов. Для повышения чувствительности Г. их подвижная система часто укрепляется не на осях, а на подвесе из тонкой металлической ленты (подвесные Г.). С этой же целью, а также для повышения точности отсчета в Г. часто вместо стрелки применяется система зеркального отсчета, в которой роль стрелки играет пучок света, отраженный от зеркальца, прикрепленного к подвижной системе (зеркальные Г.). Такие Г. могут измерять постоянные токи порядка 10^{-9}—10^{-10} *а* и даже меньше.

Для измерения слабых переменных токов служат Г. с термоэлементом — термогальванометры. Измеряемый ток подогревает спай термоэлемента, а постоянный ток, создаваемый возникшей термо-э. д. с., измеряется Г.

Для измерения слабых переменных токов низкой частоты (десятки и сотни герц) используются Г., в которых измерительная система обладает сравнительно высокой частотой собственных колебаний и может настраиваться на частоту измеряемого тока. При этом благодаря явлению резонанса чувствительность Г. повышается. Такие Г. называются *вибрационными* Г.

На том же принципе повышения чувствительности основаны так называемые струнные Г. В них роль измерительной системы играет тонкая струна, натянутая между полюсами магнита, а ток определяется по размытию тени от струны. Так как частота собственных колебаний струны может быть значительно выше, чем измерительной системы с зеркальцем, струнные Г. пригодны для измерения токов более высокой частоты, чем вибрационные Г. (в зависимости от требуемой чувствительности — до

нескольких сотен и даже тысяч герц).

Гамма-коррекция — регулировка значения *гаммы телевизионной передачи* путем введения в цепь прохождения сигнала нелинейного элемента. Чаще всего для Г. используется нелинейность сеточной характеристики или других характеристик электронных ламп.

Световая характеристика передающих телевизионных трубок, как правило, имеет $\gamma_{\text{пер}} < 1$, а *модуляционная характеристика кинескопов* имеет $\gamma_{\text{пр}} > 1$. При линейности канала связи происходит частичная компенсация нелинейности системы. Однако во многих случаях полезно увеличить «гамма» системы. Г. позволяет улучшить видимость малоконтрастных объектов, которые невооруженным глазом могут быть невидны. Для такой эффективной Г. в исходном сигнале должно быть высокое отношение сигнала к шуму.

Гамма телевизионной передачи — коэффициент контрастности телевизионной системы, характеризующий нелинейность полутоновой характеристики воспроизведения. Если B — яркость объекта, B' — яркость его изображения и $B' = B^{\gamma}$, то γ — коэффициент контрастности.

Контрастность изображения объекта $k' = \gamma k$, где k — *контрастность объекта*. Если $\gamma > 1$, то контрастность изображения выше контрастности объекта. В черно-белом телевидении, как правило, предпочтительно значение $\gamma = 1{,}5 \div 2{,}0$, что улучшает различимость (разборчивость) изображения.

Гармоника — *гармоническое колебание*, частота которого в целое число раз больше *основной частоты* данного колебания. Номер Г. указывает, во сколько раз частота ее больше основной частоты. Например, третья Г. — гармоническое колебание с частотой, втрое большей, чем основная частота. Колебание основной частоты называют также первой гармоникой. Всякое периодическое, но не гармоническое (отличающееся по форме от синусоидального) колебание может быть разложено в *гармонический спектр*, т. е. представлено в виде суммы гармонических колебаний — основного колебания и ряда высших Г. Чем больше рассматриваемое колебание отличается по форме от синусоидального, тем большее число Г. оно содержит.

Гармоническая волна — волна, в которой колебания напряженностей электрического и магнитного полей в случае электромагнитной волны или колебания давлений и скоростей в случае звуковой волны происходят в каждой данной точке пространства по гармоническому, т. е. синусоидальному или косинусоидальному, закону (подробнее см. *Гармонические колебания*).

Гармоническая линеаризация — принцип *линеаризации*, при которой установившаяся реакция нелинейного элемента на гармоническое воздействие имеет также гармонический характер. При Г. л. нелинейная характеристика элемента, связывающая входное воздействие и выходную реакцию, превращается в линейную, зависящую от амплитуды входного воздействия. Линейный эквивалентный элемент, представляющий данный нелинейный, при Г. л. характеризуется гармоническим коэффициентом усиления, который определяется отношением первой гармоники выходной реакции к гармоническому входному воздействию.

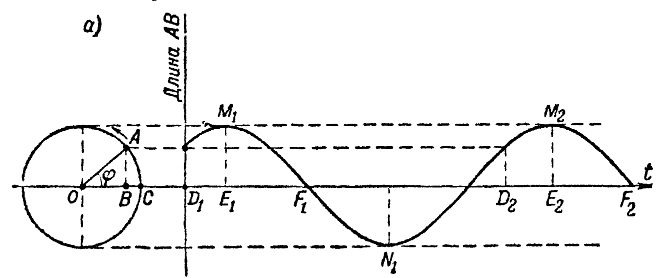
В общем случае гармонический коэффициент усиления есть комплексная величина

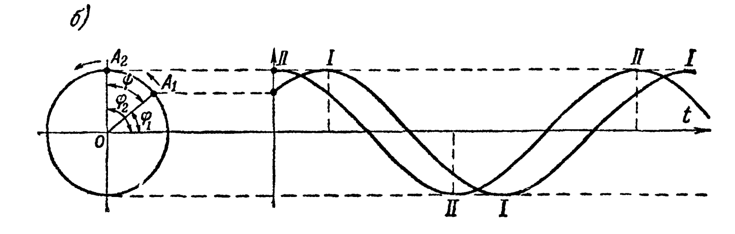
$$j(A) = \frac{A_1 e^{j(\omega t + \varphi)}}{A e^{j\omega t}} = g(A) + jb(A),$$

где A и ω — амплитуда и частота входного воздействия; A_1 и φ — амплитуда и фаза первой гармоники выходной реакции. У однознач-

ных симметричных нелинейностей $b(A) = 0$ и $\varphi = 0$. Если нелинейности неоднозначные, то составляющие гармонического коэффициента усиления зависят не только от амплитуды, но и от скорости изменения входного сигнала.

Гармонические колебания — колебания, в которых колеблющаяся величина (например, отклонение тела от положения равновесия, напряжение в электрической цепи и т. д.) меняется во времени по гармоническому, т. е. синусоидальному или косинусоидальному закону. Чтобы наглядно представить себе гармонический закон изменения какой-либо величины, можно поступить следующим образом.





Пусть точка A движется равномерно по окружности (см. рис. *а*). Тогда длина перпендикуляра AB, опущенного из точки A на горизонтальный диаметр, будет изменяться во времени по гармоническому закону. Откладывая по горизонтальной оси время t, а по вертикальной оси — длину AB, соответствующую разным моментам времени, получим кривую, изображенную на рис. *а* справа. Эта синусоида (или косинусоида) и выражает зависимость колеблющейся величины от времени в случае Г. к.

Такие колебания очень распространены в технике. Например, обычный переменный ток является почти Г. к. Большинство ламповых генераторов также создает почти Г. к.

Основными характеристиками Г. к. являются амплитуда, период (или частота) и фаза колебания. Амплитудой Г. к. называется наибольшая длина, которой достигает перпендикуляр AB, т. е. длина OA (на синусоиде E_1M_1 или E_2M_2). Периодом колебания T называется время, за которое точка A делает один полный оборот. На графике синусоиды одному периоду колебаний соответствует отрезок D_1D_2 или E_1E_2, или F_1F_2. Частота колебания ν равна числу полных оборотов точки A за одну секунду и является величиной, обратной периоду $\nu = \frac{1}{T}$. Фаза колебания характеризуется

фазовым углом, т. е. значением угла AOC для разных моментов времени. Вследствие того, что точка A движется по окружности равномерно, фазовый угол изменяется пропорционально времени. Начальным фазовым углом, или начальной фазой колебания, называется значение угла AOC в начальный момент времени; на рис. *а* этот начальный фазовый угол равен φ.

В большинстве случаев важную роль играет не фазовый угол сам по себе, а разность между фазовыми углами двух Г. к., которая называется углом сдвига фаз или, короче, сдвигом фаз. Сдвиг фаз, как и фазовый угол, измеряется в той или иной угловой мере, т. е. в радианах или градусах (2π радиан $= 360°$).

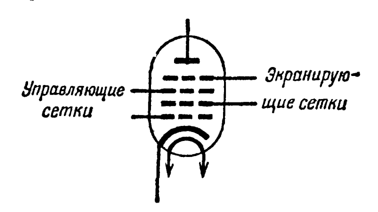
На рис. *б* изображены два Г. к. *I* и *II*, соответствующие движению по окружности двух точек A_1 и A_2 с одинаковым периодом. Разность между начальными фазовыми углами φ_1 и φ_2 обоих колебаний есть угол ψ, который представляет собой сдвиг фаз между обоими колебаниями. Так как радиусы OA_1 и OA_2 вращаются с одинаковой скоростью (период один и тот же), то угол ψ между ними остается неизменным, т. е. между данными двумя Г. к. существует постоянный сдвиг фаз ψ (если бы периоды Г. к. не были равны, то сдвиг фаз менялся бы со временем). Сдвигу фаз на угол ψ радиан соответствует сдвиг синусоид во времени на долю периода, равную $\psi/2\pi$, или на время

$\tau = \frac{\psi}{2\pi} T$ *сек*, где T — период Г. к.

Гармонический анализатор — см. *Анализатор гармоник.*

Гасящий импульс — импульс напряжения прямоугольной формы, подаваемый на модулятор *электронного прожектора* при обратном ходе развертки. В телевидении Г. и. имеет форму трапеции с вершиной на *уровне черного* и служит подставкой (пьедесталом) для *импульсов синхронизации.*

Гексод — электронная лампа с шестью электродами: катодом, четырьмя сетками и *анодом* (см. рис.).



Применяется для специальных целей, например в качестве смесительной лампы в *супергетеродинах.*

Генератор — вообще прибор, генерирующий (создающий) электрические напряжения и токи. Термин Г. применяется как к электрическим машинам постоянного и переменного тока, так и к другим приборам, создающим электрические колебания (например, ламповый Г., дуговой Г. и т. д.). В Г. первого типа механическая энергия преобразуется в электрическую. В Г. второго типа происходит преобразование электрической энергии, отдаваемой источником питания Г., в энергию электрических колебаний.

Генератор высокой частоты — общее название всех устройств, создающих электрические колебания высокой частоты.

Генератор звуковой частоты (звуковой генератор) — источник переменного напряжения звуковой частоты. Если не требуется широкий диапазон частот, то Г. з. ч. могут быть построены по обычным схемам с применением колебательного контура (генераторы на L и C).

У Г. з. ч., предназначенных для измерительных целей, амплитуда и частота должны изменяться в широких пределах и устанавливаться на нужных значениях. В одном из двух основных типов измерительных Г. з. ч. колебания получаются в результате детектирования *биений*, создаваемых двумя генераторами высокой частоты. Другой тип

звуковых генераторов — это так называемые *генераторы* на *R* и *C*

Применяются Г з ч для испытания низкочастотных цепей и их отдельных элементов, снятия их частотных характеристик, испытания электроакустических приборов и т п

Генератор на емкостях и сопротивлениях («*RC*-генератор») — ламповый генератор или генератор на полупроводниковых триодах, схема которого содержит емкости и сопротивления и не содержит катушек индуктивности К этому классу относятся Г *релаксационных колебаний*, т е колебаний несинусоидальной формы Однако генераторы на *R* и *C* могут также генерировать и колебания, близкие к синусоидальным Такие генераторы синусоидальных колебаний особенно удобны для получения колебаний низкой частоты В отличие от *звуковых генераторов*, работающих на биениях между двумя колебаниями высокой частоты, звуковые Г на *R* и *C* генерируют непосредственно колебания звуковой частоты и поэтому более просты по конструкции.

Генератор сигналов (ГС) — генератор высокочастотных колебаний, у которого можно менять в широких пределах частоту, амплитуду и глубину модуляции Г с является имитатором сигналов радиостанций и служит для испытания и наладки радиоприемников, различных высокочастотных цепей и их отдельных элементов

Генератор с посторонним возбуждением — усилитель колебаний высокой частоты в радиопередатчиках, служащий для усиления колебаний *задающего генератора*

Генератор с самовозбуждением — см *Ламповый генератор*

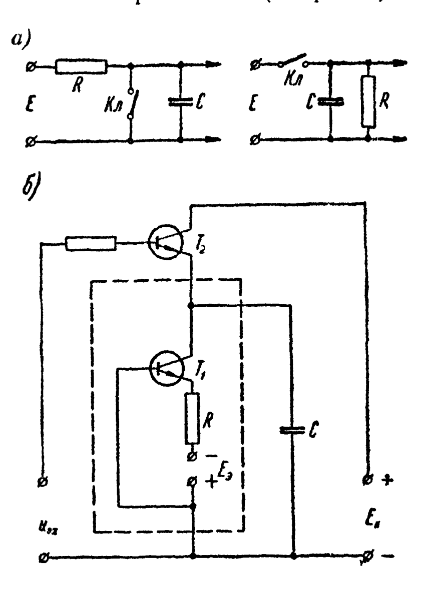
Генератор стандартных сигналов (ГСС) — генератор высокочастотных колебаний, частота и амплитуда которых могут изменяться в широких пределах и точно известны для каждого положения органов настройки. Эти колебания могут быть модулированы с точно известной глубиной Г с с служат для снятия частотных характеристик цепей высокой частоты, различных измерений в усилителях высокой частоты, определения чувствительности радиоприемников и т п

Генератор шумов — источник электрических колебаний, имеющих *сплошной спектр* с равномерной спектральной плотностью в достаточно широком диапазоне частот, создаваемое Г ш *шумовое напряжение* можно изменять в широких пределах Для получения электрических колебаний со сплошным спектром в Г ш используются либо *шумовые диоды*, либо *лампы газового разряда*, которые в результате нерегулярно происходящих отдельных актов ионизации и рекомбинации служат источниками электрических колебаний с равномерной спектральной плотностью в широком диапазоне частот Г ш применяются для измерительных целей в диапазоне сверхвысоких частот, например для измерения *шумфактора* приемников

Генераторная лампа — *электронная лампа*, специально предназначенная для создания или усиления электрических колебаний высокой частоты значительной мощности. Одной из важных задач при конструировании Г л является отвод большого количества тепла, выделяющегося вследствие рассеяния в лампе, главным образом на аноде, и большой мощности, которая в очень мощных Г л достигает сотен киловатт Поэтому в мощных Г л применяется искусственное охлаждение анода При воздушном охлаждении анод Г л служит частью баллона и обдувается потоком воздуха Для лучшего охлаждения наружная поверхность анода имеет ребра Наиболее мощные Г л изготовляются с водяным охлаждением анода, предложенным впервые *М А Бонч Бруевичем*

Генераторы импульсов — см *Импульсные устройства*.

Генераторы линейно изменяющегося напряжения — генераторы импульсов напряжения с линейным передним фронтом. Практически во всех известных схемах Г. л. и. н. используется линейный процесс заряда или разряда емкости. В простейших схемах применяется перезаряд задающей емкости через активное сопротивление (см. рис. *а*).



Коэффициент нелинейности в таких схемах равен коэффициенту использования напряжения питания ξ, т. е. отношению амплитуды U_m линейно изменяющегося напряжения к E; поэтому U_m невелико.

Значительно чаще в качестве зарядного (разрядного) двухполюсника используется стабилизатор тока, благодаря чему достигается необходимая степень линейности. Для осуществления обратного хода, т. е. перезаряда емкости, применяются ламповые или транзисторные коммутирующие элементы (ключи).

Помимо параметров выходного сигнала, Г. л. и. н. характеризуются величиной ξ и временем восстановления. Последнее может превышать длительность обратного хода, если, кроме задающей емкости, устройство содержит другие реактивности.

Электронно-ламповые схемы Г. л. и. н., имея меньшее ξ, позволяют получать более высокую точность линейно изменяющегося напряжения (т. е. линейность и стабильность) и бо́льшую амплитуду.

Одной из особенностей транзисторных схем Г. л. и. н. является возможность применения одной и той же схемы для получения линейно растущего и линейно падающего напряжения (за счет выбора транзисторов того или иного типа проводимости).

Различные практические схемы Г. л. и. н. отличаются способами реализации ключей и стабилизатора тока, их подключения к задающей емкости и способами управления.

В качестве стабилизатора тока могут быть использованы различные электровакуумные и полупроводниковые приборы: *пентоды*, *транзисторы*, *плоскостные диоды* (при обратном включении), характеристики которых имеют плоские участки. Однако в большинстве случаев характеристики этих приборов оказываются недостаточно стабильными. Поэтому их применение (без стабилизирующих схемных элементов) возможно лишь в устройствах, где допустима относительная нестабильность линейно изменяющегося напряжения порядка 15—20%.

Используя транзистор, включенный по схеме с общей базой с заданием эмиттерного тока, удается снизить указанную нестабильность до 2—3%. Пример соответствующего Г. л. и. н. дан на рис. *б*. Пунктиром обведен стабилизатор тока. В исходном состоянии $U_{вх} > 0$; T_2 открыт, и $U_c \approx U_{вх}$. При подаче на вход отрицательного импульса базовый ток T_2 становится также от-

рицательным, вследствие чего T_2 запирается и емкость C начинает разряжаться через стабилизатор тока. Благодаря постоянству разрядного тока U_c уменьшается по линейному закону. После снятия управляющего импульса вновь открывается T_2, его эмиттерный ток заряжает C.

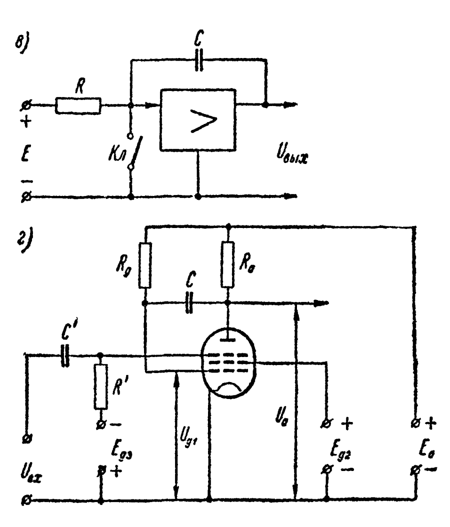
Поскольку получение линейно изменяющегося напряжения эквивалентно интегрированию некоторого постоянного сигнала, для построения Г. л. и. н. могут быть использованы соответствующие методы и схемы, применяемые в технике вычислительных устройств непрерывного действия.

Блок-схема Г. л. и. н. другого типа изображена на рис. *в*. Здесь задающая емкость включена между входом и выходом фазовращающего усилителя постоянного тока с большим коэффициентом усиления k. После размыкания *Кл* емкость C перезаряжается. Вследствие уменьшения тока через C напряжение $e_{вх}$ изменяется, приближаясь к потенциалу E. Поэтому напряжение $U_{вых}$ падает ($E > 0$) или возрастает ($E < 0$). Благодаря большому усилению изменение $e_{вх}$ на стадии прямого хода невелико; это обеспечивает высокое постоянство тока через R. В результате $\Delta e_{вх}$ (изменение $e_{вх}$) вызывается исключительно изменением тока через C, которое, в свою очередь, обусловлено изменением скорости выходного напряжения; отсюда знак последнего совпадает со знаком $\Delta e_{вх}$. Поэтому усиленное и обращенное по фазе $\Delta e_{вх}$ препятствует изменению указанной скорости; абсолютная величина последней равна примерно E/RC, а коэффициент нелинейности равен ξ/k.

При замыкании ключа (обратный ход) C восстанавливает свой заряд через сопротивление ключа и выходную цепь.

Г. л. и. н. описанного типа обладают, как правило, хорошей нагрузочной способностью и весьма малой нелинейностью, что обусловило их широкое распространение.

Примером служит генератор линейно падающего напряжения (см. рис. *г*). Напряжение E_{g3} выбрано таким, что в исходном состоянии анодная цепь лампы заперта; потенциал анода равен E_a. На первой сетке имеется положительный потенциал, величина которого весьма невелика вследствие малости пря-



мого сопротивления цепи «первая сетка — катод». При подаче на третью сетку (через разделительный конденсатор C') положительного импульса анодная цепь отпирается. После связанного с этим понижения U_a и U_{g1} и исчезновения тока первой сетки начинается разряд конденсатора C через сопротивление и анодную цепь лампы. Таким образом, роль E и R (см. рис. *г*) играют E_a и R_g.

После снятия входного импульса анодная цепь вновь запирается; возрастают U_a и U_{g1}; C заряжается от источника E_a через R_a и указанное выше прямое сопротивление.

Помимо заряда *C*, процесс восстановления включает в себя перезаряд разделительной емкости *C'*.

Линейность U_a повышается при увеличении R_a, поскольку это ведет к увеличению *k*; однако при этом возрастает и длительность обратного хода. Для ее уменьшения применимы известные методы уменьшения длительности фронта импульса напряжения.

В описанных выше устройствах управление ключами осуществляется исключительно внешним сигналом, вследствие чего длительность прямого хода равна длительности входных импульсов. Широко используются также Г. л. и. н., в которых внешний сигнал определяет лишь начало прямого хода, длительность же определяется элементами схемы генератора. Устройства этого типа совмещают в себе функции Г. л. и. н. и *релаксационных генераторов* (в *ждущем режиме* или в режиме синхронизации). К релаксаторам с линейным разрядом задающей емкости относятся *мультивибраторы* с линейным разрядом, *санатрон*, ламповый *фантастрон*. Последний является развитием схемы, представленной на рис. *г*.

Внешнее управление отсутствует в Г. л. и. н., построенных на основе релаксаторов в автоколебательном режиме.

Большинство практических схем Г. л. и. н. применимо для получения $T_{пр} > 1$ *мксек*. Выработка линейно изменяющегося напряжения меньшей длительности связана с повышением скоростей перезаряда задающей емкости *C*. Этого можно достичь ее уменьшением и увеличением перезарядного тока. Уменьшение *C* повышает дестабилизирующее влияние паразитных емкостей. Увеличение тока связано с использованием более мощных ламп, обеспечивающих амплитуду тока порядка нескольких ампер, и с уменьшением применяемых сопротивлений. Последнее увеличивает дестабилизирующее влияние параметров ламп. Все это понижает точность линейно изменяющегося напряжения малой длительности.

Некоторые методы и схемы получения импульсов линейно изменяющегося напряжения малой длительности являются развитием соответствующих методов и схем микросекундного диапазона.

При длительностях прямого хода порядка десятков секунд и выше целесообразно применение электромеханических Г. л. и. н.

Генераторы линейно изменяющегося тока — устройства, генерирующие импульсы тока пилообразной формы, используемые в основном для линейной развертки в *электронно-лучевых трубках* с магнитным отклонением луча. Подобные трубки применяются в телевизионной и радиолокационной технике.

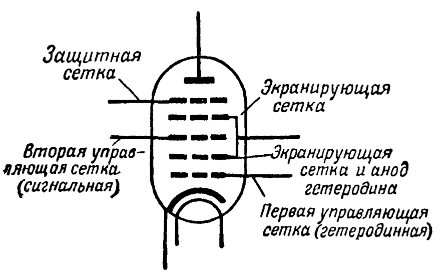
Генераторы пилообразного напряжения — см. *Генераторы линейно изменяющегося напряжения.*

Генерирующий детектор (кристадин) — кристаллический детектор, который при приложении постоянного напряжения способен генерировать колебания высокой частоты. Изобретенный в 1922 г. О. В. Лосевым Г. д. применяли для усиления сигналов при радиоприеме. Г. д. был первым усилительным полупроводниковым прибором и явился предшественником современных *транзисторов.*

Геометрические искажения — нарушение подобия между изображением на экране кинескопа и оптическим изображением объектов на фотокатоде передающей телевизионной трубки. Г. и. возникают, главным образом, из-за нелинейности развертки на приемной стороне.

Гептод — электронная лампа с семью электродами: *катодом*, пятью сетками и *анодом* (см. рис.).

Г. применяется в качестве частотопреобразовательной или *смесительной лампы.*



Германиевые диоды и триоды — *полупроводниковые диоды* и *транзисторы*, изготовленные из германия.

Германий (Ge) — химический элемент четвертой группы периодической системы Менделеева; удельный вес 5,3 *г/см*³; температура плавления 958,5° С. При затвердевании образует кристаллическую структуру с решеткой типа гранецентрированного куба. Г. — наиболее распространенный в настоящее время полупроводниковый материал, используемый для изготовления различных *полупроводниковых приборов* (*диодов*, *транзисторов* и др.). Удельное сопротивление (объемное) чистого Г. (при содержании посторонних примесей не более 1 атома на 10^9 собственных) при 20° С достигает 50 *ом·см* и снижается примерно вдвое при повышении температуры на каждые 10°. Добавление незначительных количеств примесей элементов третьей группы (индия, галлия и др.) придает проводимости Г. дырочный характер, а элементов пятой группы (сурьма, мышьяк и др.) — электронный.

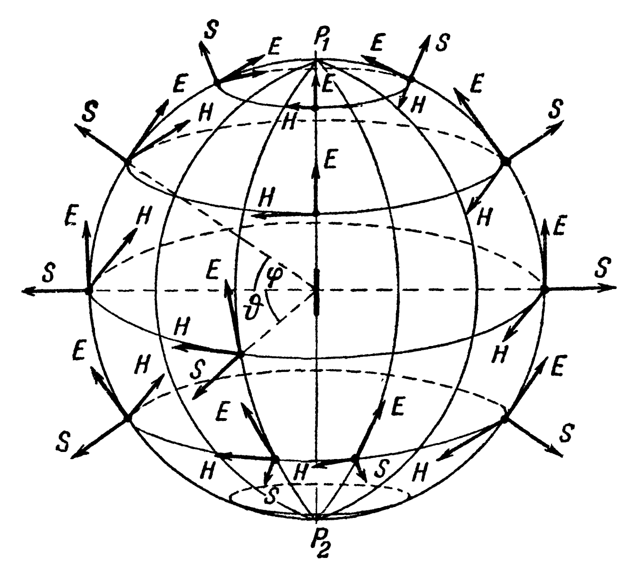
Герметизированные детали — конденсаторы, катушки индуктивности и сопротивления, заключенные в герметическую оболочку, препятствующую проникновению влаги, которая может уменьшить величину сопротивления и увеличить потери в конденсаторах и катушках.

Герц Генрих Рудольф (1857—1894) — выдающийся немецкий физик, профессор университета в Бонне. Важнейшая заслуга Г. — открытие электромагнитных волн. Опыты Г. (1888 г.), которыми он доказал существование электромагнитных волн и показал, что они подчиняются тем же законам, что и световые волны, лежат в основе современных представлений об электромагнитных явлениях. Данная Г. теория излучения элементарного вибратора служит исходным положением теории антенн. В честь Г. названа единица частоты.

Герца вибратор — *вибратор*, длина которого мала по сравнению с длиной волны возбуждаемых в нем колебаний. При этом условии устанавливающаяся в Г. в. стоячая волна (см. *Стоячие электромагнитные волны*) имеет примерно одинаковую амплитуду тока по всей длине вибратора (так как длина вибратора гораздо меньше, чем расстояние между узлом и пучностью тока в стоячей волне). Это существенно упрощает рассмотрение картины электромагнитного поля, создаваемого Г. в., и хотя в применяемых на практике вибраторах указанное условие почти никогда не соблюдается, рассмотрение Г. в. играет важную роль в теории антенн и излучения радиоволн. Вибраторы, применяемые на практике, разбивают на отдельные элементы, столь короткие, что для каждого из них соблюдается указанное условие. Эти элементы можно рассматривать как отдельные Г. в. Рассмотрение результирующего электромагнитного поля, создаваемого многими Г. в., приводит к представлению о *действующей длине* антенны.

Вокруг Г. в. возникает электромагнитное поле, причем силовые линии электрического поля лежат в плоскостях, проходящих через ось вибратора, а силовые линии

магнитного поля — в плоскостях, перпендикулярных оси вибратора. По мере удаления от Г. в. характер этого электромагнитного поля, т. е. направления электрического (E) и магнитного (H) векторов, и соотношение между их амплитудами и фазами, сначала изменяются, но на расстояниях в несколько длин волн от Г. в. эти изменения прекращаются и устанавливается следующая картина (в свободном пространстве, т. е. при отсутствии каких-либо тел, кроме Г. в.).



Представим себе сферу с радиусом R, превышающим несколько длин волн, в центре которой расположен Г. в. (см. рис.). Концы диаметра, вдоль которого расположен Г. в., т. е. точки P_1 и P_2, примем за полюсы сферы и проведем на ней меридианы и параллели. Тогда в каждой точке этой сферы вектор E направлен по касательной к меридиану, а вектор H — по касательной к параллели. В данной точке оба вектора совпадают по фазе, и их мгновенные значения в любой момент времени равны, если E измеряется в абсолютной электростатической, а H — в абсолютной электромагнитной системах единиц.

Мгновенные значения вектора E, а значит, и вектора H одинаковы во всех точках, лежащих на одной и той же параллели, т. е. E и H не зависят от долготы ϑ, но они убывают с увеличением широты (угла φ) от максимального значения на экваторе до нуля на полюсе. Взаимная ориентировка векторов E и H такова, что их векторное произведение направлено всегда по радиусу сферы наружу. Следовательно, так же направлен и *вектор Умова — Пойнтинга* S, т. е. электромагнитная энергия все время течет через сферу во внешнее пространство. Вследствие изменений во времени величин E и H вектор Умова — Пойнтинга, не изменяя направления, изменяет свою величину от нуля до максимума; через сферу течет пульсирующий поток электромагнитной энергии.

Плотность потока энергии достигает наибольшего значения у экватора, где амплитуды E и H наибольшие, и падает до нуля у полюсов, где E и H обращаются в нуль.

При увеличении радиуса сферы от R_1 до R_2 амплитуды векторов E и H в каком-либо направлении убывают от значений E_1 и H_1 на сфере радиуса R_1 до значений E_2 и H_2 на сфере радиуса R_2, причем

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{R_2}{R_1} \text{ и } \frac{H_1}{H_2}=\frac{R_2}{R_1}.$$

Поскольку амплитуды векторов E и H убывают обратно пропорционально расстоянию, то наибольшее значение вектора Умова — Пойнтинга в каждом направлении убывает обратно пропорционально квадрату расстояния (так как величина вектора Умова — Пойнтинга пропорциональна произведению величин E и H). Сама же поверхность сферы увеличивается пропорционально квадрату радиуса; поэтому поток энергии через сферы разных радиусов оказывается одинаковым. Значит, вся энергия, протекшая через сферу меньшего радиуса, спустя некоторое время полностью протекает и через сферу большего радиуса. Следовательно, начиная с некоторого расстояния от Г. в., энергия созданного им электромагнитного поля уходит все дальше и дальше и никогда не возвращается обратно. Созданное Г. в. электромагнитное поле в конце концов теряет с ним связь и навсегда отрывается от Г. в. Это и есть процесс излучения электромагнитных волн.

Пока амплитуды векторов E и H электромагнитного поля убывают быстрее, чем обратно пропорционально расстоянию, что имеет место на расстояниях, не превышающих нескольких длин волн от Г. в., — поток электромагнитной энергии через окружающую Г. в. сферу уменьшается по мере увеличения ее радиуса (так как величина вектора Умова — Пойнтинга уменьшается быстрее, чем увеличивается поверхность сферы). Но если через сферу большего радиуса протекает меньше энергии, чем через сферу меньшего радиуса, то, значит, часть энергии, протекшей через меньшую сферу, должна через эту последнюю вернуться обратно. Таким образом, вблизи Г. в. поток электромагнитной энергии не пульсирует, а изменяет периодически свое направление. При этом доля энергии, вытекающая за пределы сферы малого радиуса в течение одной части периода, превосходит долю энергии, втекающую внутрь сферы за другую часть того же периода. Это значит, что не все созданное Г. в. электромагнитное поле теряет связь с вибратором: часть его остается связанным с вибратором.

Гетеродин — маломощный ламповый генератор колебаний высокой частоты, применяемый для целей преобразования частоты в *супергетеродине* и для измерительных целей.

Гетеродинный волномер — см. *Волномер.*

Гетеродинный прием — прием радиотелеграфных сигналов по методу *биений.* Биения возникают в результате сложения принимаемых колебаний с близкими по частоте вспомогательными колебаниями местного гетеродина. После детектирования биений получается тон звуковой частоты, который и воспроизводит передаваемые телеграфные сигналы.

Геттер — вещество (чаще всего магний или барий), служащее для поглощения газов и улучшения вакуума в электронных приборах. Обычно Г. покрывается изнутри часть баллона лампы.

Гибридные параметры — смешанные, или h-параметры транзистора. См. *Параметры транзистора.*

Гиромагнитный компас — прибор, предназначенный для определения и задания магнитного или географического курса движущихся объектов. Г. к. делятся на две

основные группы: 1) гироиндукционные компасы, представляющие собой гирополукомпасы с магнитными или индукционными чувствительными элементами, подвешиваемыми на карданных кольцах или устанавливаемыми непосредственно на кожухе ротора гирополукомпаса; 2) дистанционные гироиндукционные компасы, чувствительные элементы которых стабилизированы с помощью гировертикали в плоскости горизонта.

Чувствительные элементы Г. к. представляют собой индукционные датчики с пермаллоевыми сердечниками, которые монтируют на пластмассовой плате. Вместе со свинцовым грузом чувствительный элемент является физическим маятником, подвешенным на карданном подвесе. Питание первичных обмоток чувствительного элемента осуществляется переменным током. Вторичные обмотки включают звездой и соединяют с обмоткой статора *сельсина*. Пульсирующий магнитный поток, наводимый в пермаллоевом сердечнике, меняет его магнитную проницаемость. В результате этого под действием магнитного поля Земли во вторичных обмотках индукционного датчика, а следовательно, и в обмотках сельсина появляется переменная э. д. с., которая создает в сельсине-трансформаторе пульсирующий магнитный поток. При отклонении линии полюсов ротора сельсина от перпендикуляра к направлению результирующего магнитного поля статора в его обмотке наводится э. д. с., фаза которой зависит от направления отклонения ротора. С обмотки ротора сигнал поступает на усилитель, управляющий моментным датчиком азимутального корректора. Под действием корректора гироскоп прецессирует до тех пор, пока линия полюсов ротора сельсина не совпадет с перпендикуляром к направлению суммарного магнитного поля статора, т. е. пока гироскоп не будет синхронизирован с магнитным индукционным датчиком.

Г. к. присущи погрешности, основным источником которых служит вертикальная составляющая магнитного поля Земли. У дистанционных гироиндукционных компасов погрешности определяются точностью гировертикали, на которой расположен индукционный датчик.

Гироскоп — быстро вращающееся твердое тело, ось которого укрепляется на одном или двух подвижных кольцах-рамках (подвес Кардана). Широко применяется в авиационной технике в качестве: 1) указателя положения самолета относительно Земли, т. е. указателя углов, образуемых самолетными осями с неподвижными осями, связанными с Землей (гироскопические указатели курса и гироскопические авиагоризонты); 2) указателя и измерителя угловой скорости и ускорения самолета относительно его осей; 3) стабилизированных в пространстве платформ (гиростабилизаторов) и т. д.

Ротор Г. вращается либо при помощи воздушной струи (пневматические), либо электроэнергии (электрические).

Приборы первой группы имеют две рамки: внутреннюю, служащую опорой для оси ротора, и внешнюю, которая является опорой для оси внутренней рамки. Такие Г. имеют три степени свободы, а Г. второй группы — две степени. У Г., в которых центр тяжести системы совпадает с точкой опоры, сила тяжести на положение оси ротора не влияет, поэтому они называются астатическими. Если дополнительно к этому предположить отсутствие трений в цапфах карданного подвеса и отсутствие сил, создающих моменты на Г. при изменении его положения, то получаем Г., свободный от воздействия каких-либо сил и моментов.

У приборов второй группы, предназначенных для определения угло-

вых скоростей, подвес ротора имеет одну рамку кардана, перемещению которой противодействует пружина. У приборов для одновременного измерения угловой скорости и ускорения, применяемых в *автопилотах*, подвес ротора имеет две рамки, перемещению которых препятствуют пружины.

Одной из основных характеристик Г. является гироскопический момент, зависящий от произведения собственного момента на угловую скорость вращения ротора. Эта характеристика представляет собой то специфическое инерционное сопротивление, которое Г. оказывает внешнему воздействию и которое существует только при вращении ротора.

На гироскопическом принципе основан гирополукомпас, представляющий собой астатический Г. с тремя степенями свободы, ось ротора которого удерживается в плоскости горизонта с помощью специального разгрузочного двигателя.

Гироскопическая частота — частота обращения электрического заряда по круговой траектории при движении его в однородном магнитном поле. При движении электрического заряда в магнитном поле на него действует *сила Лоренца*, перпендикулярная направлениям скорости заряда и напряженности магнитного поля. Если скорость заряда перпендикулярна направлению магнитного поля, то заряд вращается по окружности радиуса $R = \frac{m}{e} \cdot \frac{v}{H}$, где e — величина заряда, m — его масса, v — скорость и H — напряженность магнитного поля. Длина же окружности радиуса R есть $l = 2\pi R = 2\pi \frac{m}{e} \cdot \frac{v}{H}$, а поскольку заряд движется по этой окружности со скоростью v, он совершает один оборот за время

$$T = \frac{l}{v} = 2\pi \frac{m}{eH}.$$

Таким образом, время обращения заряда по окружности зависит от отношения e/m и напряженности поля, но не зависит от скорости движения заряда. Когда v не перпендикулярно H, нужно разложить v на две составляющие: v_n — лежащую в плоскости, перпендикулярной H, и v_t — направленную вдоль H. Вторая составляющая превращает движение по окружности в движение по спирали, но время обращения по спирали так же не зависит от v, как и время обращения по окружности. Таким образом, для заряженных частиц определенного типа (т. е. для определенного отношения e/m) каждому значению H соответствует вполне определенное время обращения заряда по окружности, а значит, и вполне определенная Г. ч.

$$\nu_{\text{н}} = \frac{1}{T} = \frac{eH}{2\pi m}$$

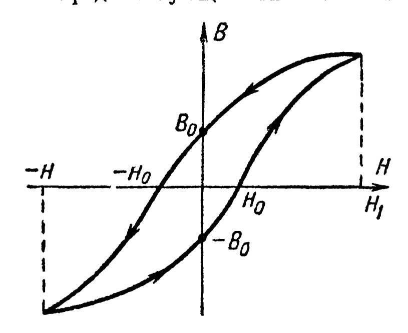
и соответствующая гироскопическая угловая частота

$$\omega_{\text{н}} = 2\pi\nu_{\text{н}} = \frac{eH}{m}.$$

В частности, для свободных электронов в *ионосфере* Г. ч. определяется напряженностью магнитного поля Земли на высоте ионосферы; эта Г. ч. имеет величину порядка 30—15 *Мгц* (длина волны 100—200 *м*). При распространении радиоволн в ионосфере обусловленные магнитным полем Земли изменения в характере *поляризации волн* зависят от соотношения между частотой волны и Г. ч. Чем ближе эти частоты, тем сильнее магнитное поле Земли изменяет характер поляризации радиоволн.

Гистерезис — последействие, различие в прямом и обратном ходе явления. Магнитный Г. — наличие последействия в *магнитной поляризации* ферромагнетиков — приводит к тому, что процессы намагничивания и размагничивания ферромагнетика протекают неодинаково. При изменении намагничивающего

ферромагнетик поля величина магнитной поляризации материала зависит не только от существующей в данный момент напряженности намагничивающего поля, но и от ее предшествующих значений. В



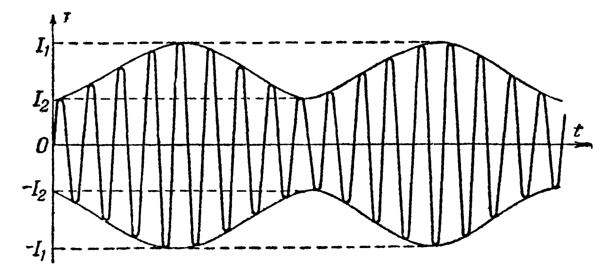
частности, когда напряженность намагничивающего ферромагнетик поля уменьшится от H_1 до нуля (см. рис.), то *магнитная индукция* в нем B снижается не до нуля, а до значения B_0. Магнитная индукция доходит до нуля только под действием направленного в противоположную сторону поля с напряженностью — H_0. То же наблюдается и при изменении напряженности намагничивающего поля в обратном направлении (от $-H_1$ до нуля). Таким образом, график зависимости B от H при перемагничивании имеет форму петли, называемой петлей Г. В результате Г. часть энергии, затраченной на намагничивание тела, при размагничивании не возвращается обратно, а превращается в тепло. Поэтому многократное перемагничивание материала при наличии Г. связано с заметными потерями энергии на нагревание намагничиваемого тела. Для устранения этих потерь в магнитных цепях с переменным магнитным потоком применяют материалы, обладающие возможно меньшим Г.

Диэлектрический Г. — наличие последействия в *диэлектрической поляризации*, приводит к явлениям, аналогичным тем, которые происходят при магнитном Г. Он служит причиной потерь энергии на нагревание диэлектрика, помещенного в переменное электрическое поле высокой частоты.

Глубина модуляции — одна из количественных характеристик модулированных колебаний при *амплитудной модуляции*. Г. м. равна:

$$m = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} \cdot 100\ [\%],$$

где I_1 — наибольшее, а I_2 — наименьшее значение, которых достигает амплитуда колебаний при модуляции (см. рис.).



Величину m называют также коэффициентом модуляции.

Глубинная запись — способ механической записи, при котором резец *рекордера* колеблется перпендикулярно к поверхности *сигналоносителя*. Вследствие этого изменяется глубина вырезаемой бороздки. Данный способ позволяет увеличить длительность воспроизведения записи, нанесенной, напри-

мер, на граммофонной пластинке, за счет более близкого расположения соседних бороздок, чем при поперечной записи. Однако качественные показатели Г. з. хуже, чем поперечной. Поэтому на обычных граммофонных пластинках применяется поперечная запись, при которой резец рекордера перемещается поперек направления движения сигналоносителя (т. е. в направлении радиуса пластинки). См. *Звукозапись*.

Говорящие машины — устройства, позволяющие получать звуки речи при подаче на вход обычно достаточно простых условных сигналов. Простейшие устройства основаны на принципе воспроизведения *звукозаписи* необходимых слов, причем соответствующая воспроизводящая система запускается определенным электрическим сигналом. Например, набором определенного номера с помощью телефонного аппарата можно услышать, каково время, соответствующее моменту вызова. Голос, произносящий число часов, предварительно записан на одном *сигналоносителе*, а число минут — на другом. Автоматическое последовательное воспроизведение сокращает число необходимых записей. В более сложных устройствах получаемое звуковое сообщение может быть скомбинировано из большего числа слов. Дальнейшее развитие техники позволило создать Г. м., складывающие речь из отдельных слогов и звуков речи. Словарный запас этих машин значительно увеличен.

Обычно Г. м. формируют на электрическом выходе сигналы, подобные возникающим на выходе *микрофона* при произнесении речи. Эти электрические сигналы формируются в требуемой последовательности, содержат основные, необходимые для распознавания речи характерные признаки и преобразуются *громкоговорителем* или *телефоном* в звуковые.

Г. м., переводящие достаточно простые электрические сигналы в звуки речи, применяются, например, для передачи телеграфных сообщений с Земли пилотам самолетов, зрение которых занято для выполнения другой работы.

Другие Г. м. применяются для чтения напечатанного или даже рукописного текста (например, слепым). Читающие машины содержат счетно-решающее устройство, в котором отдельные элементы букв сравниваются с образцами, имеющимися в устройстве памяти машины. Далее происходит сопоставление определяемого текста с типовыми и неприменяемыми сочетаниями букв, также имеющимися в памяти машины. Это сопоставление подтверждает или опровергает возможность того или иного решения. Все эти операции обычно производятся автоматически путем передачи по электрическим цепям машины различных сигналов. Сигналы, определяющие наиболее вероятный текст, поступают на выходное устройство, в котором формируются упомянутые электрические сигналы речевой передачи.

Гомеостазис — физиологический механизм, определяющий постоянство внутренней среды живого организма. Благодаря Г. поддерживается постоянство температуры тела, состава крови, осмотического давления и т. д. Г. открыт и изучен физиологами в конце прошлого — начале нынешнего столетия. Техническая модель подобного рода механизма получила название гомеостат.

Конструктором первого гомеостата является известный английский кибернетик У. Р. Эшби. Гомеостат Эшби представляет собой систему из четырех блоков, каждый из которых содержит поворачивающийся магнит. Выходом блока является ток, величина которого пропорциональна отклонению магнита от среднего положения. Этот ток через коммутатор поступает

в обмотки магнитов других трех блоков, т. е. осуществляются перекрестные *обратные связи*. Может показаться, что такая система будет неустойчивой в результате легко возникающих колебаний самовозбуждения. Однако доказано теоретически и подтверждено экспериментально, что гомеостат является устойчивой, точнее — ультраустойчивой системой автоматического управления. Принудительное изменение устойчивого состояния гомеостата вызовет кратковременный переходный процесс, по окончании которого система перейдет в новое, опять устойчивое состояние. Гомеостатические системы уже находят практическое применение, например, для поддержания постоянного режима атомного реактора и т. п.

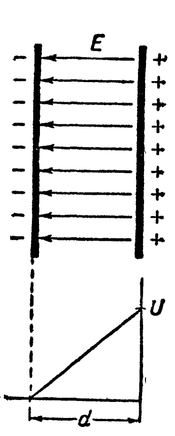
Гомеостат — см. *Гомеостазис*.

Градиент — вектор, характеризующий изменение какой-либо величины в пространстве. Если какая-либо величина, например *электрический потенциал*, имеет различные значения в различных точках пространства, т. е. изменяется от точки к точке, то Г. потенциала характеризует это изменение следующим образом. Абсолютная величина Г. потенциала в данной точке равна отношению изменения потенциала между двумя близкими точками к расстоянию между ними, причем вторая точка должна быть выбрана в том направлении, в котором это отношение наибольшее. Это направление, взятое в сторону увеличения потенциала, т. е. направление наиболее резкого его возрастания, является направлением вектора Г. потенциала.

Таким образом, Г., во-первых, указывает направление, в котором происходит наиболее резкое изменение данной величины, и, во-вторых, определяет количественно это изменение.

Для примера рассмотрим Г. электрического потенциала в *поле плоского конденсатора*, у которого разность потенциалов между обкладками равна U, а расстояние между ними d (см. рис.). Потенциал между обкладками понижается равномерно. Его распределение графически может быть изображено наклонной прямой, соединяющей точки с потенциалами 0 на левой пластине и U на правой.

Наиболее резкое изменение потенциала происходит в направлении, перпендикулярном к пластинам. Значит, Г. потенциала также направлен перпендикулярно к пластинам в сторону возрастания потенциала, т. е. от левой пластины к правой. Чтобы найти абсолютную величину Г. потенциала, нужно взять отношение изменения потенциала на малом расстоянии к этому расстоянию. Однако, поскольку поле однородно и потенциал меняется равномерно, можно взять изменение потенциала на любом расстоянии. Удобно взять изменение потенциала на всем расстоянии d между обкладками. Следовательно, в рассматриваемом случае Г. потенциала равен $U_в/d_{см}$ и направлен от отрицательной пластины к положительной, т. е. в сторону, противоположную направлению силовых линий. Так как *вектор напряженности поля* направлен по силовым линиям и в плоском конденсаторе по величине также равен U/d, то, значит, напряженность поля равна Г. потенциала, взятому с обратным знаком.



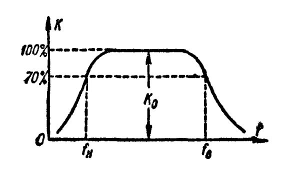
В неоднородном поле отношение изменения потенциала к расстоянию, на котором данное изменение происходит, зависит от этого расстояния. Таким образом, Г. потен-

циала определяется отношением изменения потенциала на очень малом расстоянии (на котором поле можно считать однородным) к этому расстоянию.

Градуировка приемника — определение частот или длин волн, соответствующих различным положениям ручек настройки приемника. Г. п. производится при помощи *генератора сигналов*. Радиолюбители часто производят Г. п., настраивая его на радиостанции, длина волны которых известна. Результаты Г. п. либо непосредственно наносятся на шкалу приемника, либо изображаются в виде графиков (кривых настройки) или таблиц.

Граничная волна (в волноводе) — наиболее длинная волна, которая может распространяться в *волноводе* данного сечения. Чем меньше поперечные размеры волновода, тем короче его Г. в. Для волновода прямоугольного сечения в простейшем случае длина Г. в. равна удвоенному большему из поперечных размеров волноводов.

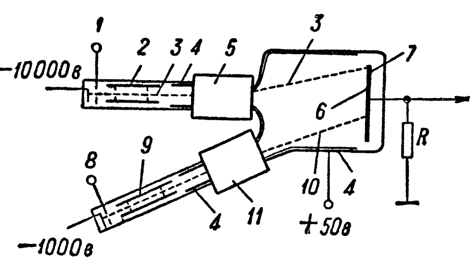
Граничная частота — частота, при которой *коэффициент передачи* K данной электрической цепи уменьшается в $\sqrt{2}$ раз (или, что то же самое, на 3 *дб*) по сравнению



с его значением K_0 в области частот, где он не проявляет частотной зависимости. Округленно определяют Г. ч. по спаду K до 0,7 K_0. Так вводится понятие о Г. ч. коэффициента усиления по току транзистора (f_α в схеме с общей базой или f_β — в схеме с общим эмиттером), о Г. ч. диода (в схеме детектора), фильтра, видеоусилителя и др. Если коэффициент передачи уменьшается как с повышением, так и с понижением частоты, то различают верхнюю Г. ч. $f_в$ и нижнюю Г. ч. $f_н$ (см. рис.).

Граничная частота волновода — *частота*, соответствующая *граничной волне* в *волноводе*.

Графекон — двухлучевая накопительная электронно-лучевая трубка, основанная на явлении *наведенной проводимости* мишени. Мишенью служит тонкая (0,5 *мк*) пленка изолятора (фтористый маг-



1 — модулятор записывающего прожектора; *2* и *9* — первые аноды; *3* — записывающий луч; *4* — второй анод трубки; *5* и *11* — отклоняющие катушки; *6* — слой диэлектрика (мишень); *7* — сигнальная пластина; *8* — модулятор считывающего прожектора; *10* — считывающий луч.

ний) на алюминиевой *сигнальной пластине*. Записывающий луч с энергией порядка 10 000 *в* модулируется записываемым сигналом. Проводимость мишени под действием луча возрастает с увеличением его интенсивности. В результате положительный заряд, накопленный при коммутации мишени считывающим лучом с энергией порядка 1000 *эв*, стекает сквозь мишень на сигнальную пластину (землю) (см. рис.). Потенциал мишени снижается до уровня, приблизительно пропорционального току записывающего луча, что создает на мишени потенциальный рельеф. Этот рельеф считывается, как в

иконоскопе, образуя на нагрузочном сопротивлении выходной сигнал.

Г. позволяет производить запись и считывание одновременно. Для того чтобы записываемый сигнал не попадал на выход трубки, считывающий луч модулируется высокой несущей частотой, лежащей выше спектра частот записываемого сигнала. При этом выходной сигнал усиливается полосовым усилителем и детектируется.

Г. позволяет преобразовывать радиолокационный сигнал в телевизионный — узкополосный. Для этого записывающий луч образует на мишени радиально-круговой или строчный *растр* синхронно со *сканированием* антенны радиолокационной станции. Считывающий луч развертывается, как в телевидении, с периодом кадра, равным периоду радиолокационного обзора.

В Г. с двухсторонней мишенью записывающий луч «простреливает» тонкую (1 *мк*) алюминиевую сигнальную пластину со стороны, противоположной мишени. Для прочности мишень с алюминиевой пленкой армируется редкой сеткой. В таком Г. нет надобности компенсировать *трапецеидальные искажения* считывающего растра.

Гридлик — см. *Утечка сетки*.

Грозовой переключатель — переключатель, служащий для непосредственного (помимо приемника) заземления антенны с целью защиты приемника от атмосферных электрических разрядов. Через Г. п. уходят в землю все электрические заряды, возникающие в антенне вследствие атмосферных электрических явлений.

Грозовой разрядник — искровой промежуток, предохраняющий приемник от воздействия атмосферных электрических зарядов, если антенна не заземлена.

Грозоотметчик — прибор, сконструированный А.С. Поповым в июле 1895 г. для регистрации грозовых разрядов. Отличался от первого радиоприемника, демонстрировавшегося 7 мая 1895 г. на историческом заседании Русского физико-химического общества, наличием третьего реле, якорь которого соединялся с пером самопишущего устройства. Барабан последнего вращался с помощью часового механизма. Если разрядов не было, перо вычерчивало прямую линию. При наличии грозовых разрядов электромагнитные волны от них действовали на прибор и вслед за первыми двумя реле срабатывало третье, благодаря чему перо на ленте барабана вычерчивало резкий выброс. Этот прибор был использован по прямому назначению на метеостанции Лесного института с июля по сентябрь 1895 г. Летом 1896 г. Г. демонстрировался на Всероссийской художественной и промышленной выставке, и А. С. Попову был присужден за него диплом «За изобретение нового и оригинального инструмента для исследования гроз».

Аналогичный Г. был построен А. С. Поповым в 1896 г. на Нижегородской электростанции для предупреждения о приближающихся грозах, чтобы заблаговременно можно было заземлять провода электропередачи.

Громкоговоритель — устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии в звуковую и излучения этой энергии в окружающую среду. Подводимая к громкоговорителю электрическая энергия вызывает колебание механической подвижной системы. Излучающая поверхность этой системы вызывает появление звуковых волн в окружающем воздухе. В зависимости от способа возбуждения механических колебаний различают *электродинамические*, *конденсаторные*, *электромагнитные и пьезоэлектрические* Г. В зависимости от способа возбуждения звуковых волн различают Г. прямого излучения и *рупорные* Г. Основными техническими харак-

теристиками Г. являются *чувствительность*, *направленность* излучения, коэффициент полезного действия (отношение излучаемой звуковой мощности к подводимой электрической мощности) и номинальная мощность (наибольшая величина подводимой электрической мощности, при которой *нелинейные искажения* не превышают допустимых пределов). Качественные показатели Г. в основном определяются воспроизводимым диапазоном *звуковых частот*.

Громкоговорящие агрегаты — устройства, содержащие несколько *громкоговорителей* и предназначенные для высококачественного воспроизведения звука. Один громкоговоритель не обеспечивает воспроизведения сигналов в достаточно широком диапазоне звуковых частот, создает большие неравномерности частотной характеристики, обладает различной *направленностью* излучения на разных частотах и вызывает неприятное впечатление, что звук исходит из одной точки. Все эти недостатки в той или иной степени уменьшаются при применении нескольких громкоговорителей.

В современных высококачественных радиоприемниках весь диапазон звуковых частот с помощью электрических разделительных фильтров делится на два или три поддиапазона, каждый из которых часто воспроизводится несколькими громкоговорителями; этим значительно улучшаются акустические характеристики звуковоспроизводящей системы.

Для излучения низких частот звукового диапазона обычно применяются *электродинамические громкоговорители* прямого излучения с большим *диффузором*. Если частотный диапазон разделен на три поддиапазона, то излучателями средних частот являются громкоговорители с меньшим диффузором. В качестве излучателей наиболее высоких звуковых частот применяются электродинамические громкоговорители с малым диффузором или *электростатические громкоговорители*. Все эти громкоговорители составляют Г. а.

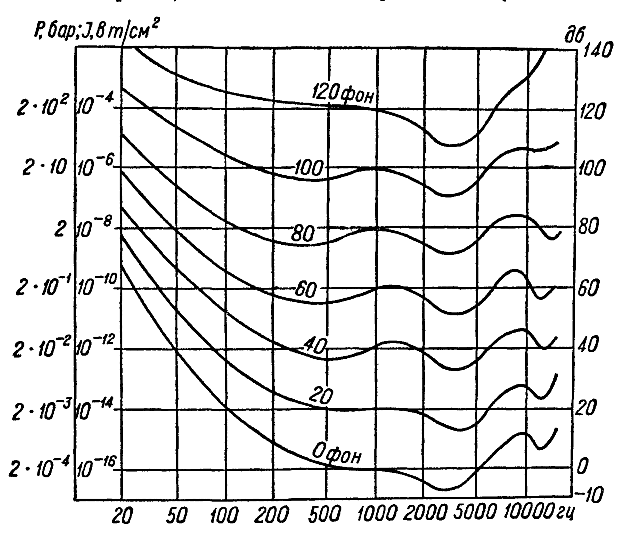
Низкочастотные громкоговорители обычно устанавливаются на лицевой панели приемника. При использовании нескольких громкоговорителей увеличивается к. п. д. системы и (при надлежащем подборе громкоговорителей) улучшается частотная характеристика. Высокочастотные громкоговорители располагаются на лицевой и на боковых панелях приемника. Это устраняет впечатление, что звук исходит из одной точки, и создает эффект звучания объемного тела с более или менее равномерным излучением звука в разных направлениях.

Благоприятное ощущение звучащего объема еще более увеличивается при применении выносных громкоговорителей, устанавливаемых в разных точках комнаты. Важным требованием является обеспечение одинакового к. п. д. всего Г. а. на любых частотах рабочего диапазона. В стереофонических радиоприемниках для воспроизведения звука применяются два агрегата. В разнесенных акустических системах стереовоспроизведения агрегаты правого и левого каналов устанавливаются на расстоянии порядка двух с лишним метров друг от друга.

В совмещенных системах низкочастотные громкоговорители устанавливаются на правой и левой сторонах лицевой панели приемника, а высокочастотные — как на краях лицевой панели, так и на боковых панелях. В комбинированных системах низкочастотные громкоговорители устанавливаются так же, как в совмещенных, а выносные высокочастотные — на некотором расстоянии справа и слева от приемника. Наибольший *стереоэффект* создает разнесенная система.

Громкость — субъективная оценка интенсивности воспринимаемого на слух звукового колебания. Уровень Г. любого слышимого звука, выраженный в фонах, численно равен абсолютному уровню тона частотой 1000 *гц*, выраженному в *децибелах* и создающему такое же субъективное ощущение Г., что и данный звук.

При разных частотах равногромким звукам (уровень громкости которых определяется одним и тем же числом фонов) соответствуют различные *звуковые давления* (*P*) и *силы звука* (*J*). Это наглядно показано кривыми равной Г. (см. рис.). При частоте 1000 *гц* число фонов совпадает с абсолютным уровнем, выраженным в децибелах. Едва слышимому звуку соответствует уровень Г. в 4 фона. Уровень Г., равный 120 фонам, создает оглушающее действие. Дальнейшее повышение уровня Г. создает ощущение боли в ушах.



Примеры уровней Г. различных звуков, имеющих сложный частотный состав:

Шепот на расстоянии 1 *м*	20 фонов
Не очень громкий разговор в комнате	40 »
Громкая радиомузыка . .	80 »
Фортиссимо оркестра . . .	до 100 »
Шум авиамотора на расстоянии 5 *м*	~ 120 »

Групповая скорость — см. *Скорость распространения радиоволн*.

Групповая четкость (ТВ) — *разрешающая способность*, измеряемая по контрастной мире из группы параллельных полосок, идущих в поперечном направлении.

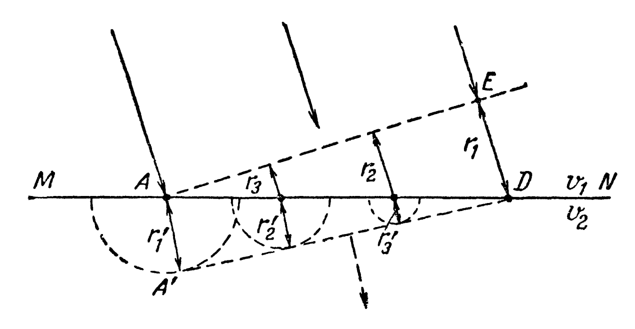
Групповой код — *корректирующий код*, в котором каждый контрольный разряд образуется путем вычисления суммы по модулю 2 от определенных информационных разрядов. На приемном конце *канала связи* контрольная аппаратура производит проверку на соответствие контрольных разрядов и связанной с нею суммы (по модулю 2) информационных разрядов. По результатам проверок на соответствие осуществляется исправление ошибок в пределах корректирующей способности кода. Все Г. к. являются *систематическими ко-*

дами. В класс групповых кодов входят в частности *коды Хемминга.* С математической стороны Г. к. представляет собой математическую конструкцию — так называемую коммутативную группу, откуда и произошло название Г. к. В научно-технической литературе Г. к. называются иногда кодами с проверками на соответствие или алфавитами Слепяна (по имени математика, впервые их исследовавшего).

Гюйгенса принцип — предложенный X. Гюйгенсом метод рассмотрения задач о распространении волн. Согласно Г. п. всякую распространяющуюся волну можно «остановить» и заменить ее системой воображаемых точечных источников, излучающих равномерно во все стороны вторичные волны, амплитуды и фазы которых определяются амплитудой и фазой первичной («остановленной») волны в той точке, в которой расположен каждый воображаемый источник. Чтобы определить амплитуду и фазу рассматриваемой проходящей волны в любой точке пространства (которой не достигла «остановленная» первичная волна), нужно сложить вторичные волны, приходящие в эту точку от всех воображаемых точечных источников.

При этом сложении нужно учитывать *интерференцию волн*, приходящих от различных воображаемых источников по разным путям. (Это принципиальное дополнение Г. п. было сделано Френелем, и поэтому весь принцип часто называют принципом Гюйгенса — Френеля). Найдя амплитуды и фазы результирующей волны от всех воображаемых точечных источников в разных точках пространства, найдем тем самым распределение в пространстве амплитуды и фазы первичной («остановленной») волны.

В качестве иллюстрации применения Г. п. рассмотрим картину *преломления волн* на плоской границе MN двух сред (см. рис.).



Пусть в первой среде скорость распространения v_1, а во второй v_2 (для определенности положим $v_2 < v_1$). Приходящая плоская волна падает на границу из первой среды в направлении, указанном сплошной стрелкой. Тогда *фронт волны* представляет собой прямую AE (или какую-либо ей параллельную). На границу раздела падающая волна приходит в разные точки с одинаковой амплитудой, но с разными фазами. Чем дальше от точки A, тем больший путь должна пройти волна, чтобы достичь границы раздела, и, следовательно, с тем бóльшим запозданием по фазе она придет в эту точку. В соответствии с Г. п. мы можем заменить падающую волну воображаемыми излучателями, расположенными на границе раздела (в любых точках между A и D) и

излучающими вторичные волны равной амплитуды, но со сдвигом фаз таким же, каков сдвиг фаз в падающей волне в соответствующих точках границы. Но во второй среде скорость распространения волн меньше, чем в первой. Поэтому за то же время, которое первичная волна затратила на прохождение пути r_1, вторичная волна от воображаемого источника, лежащего в точке A, пройдет путь $r_1' < r_1$; соответственно и вторичные волны, излучаемые воображаемыми источниками, лежащими между точками A и D, пройдут во второй среде пути $r_2' < r_2$; $r_3' < r_3$. Вторичные волны, имеющие одинаковую фазу, будут представлять собой окружности с уменьшающимися радиусами r_1', r_2', r_3'. Прямая $A'D$, касательная ко всем этим окружностям, имеет во всех точках одинаковую фазу вторичных волн. Следовательно, и проходящая волна имеет на прямой $A'D$ одинаковую фазу, т. е. $A'D$ представляет собой фронт проходящей волны после ее прохождения через границу двух сред. Так как фронт волны повернулся по отношению к AE, то, значит, изменилось и направление распространения волны, которое всегда перпендикулярно фронту волны (оно указано пунктирной стрелкой).

Г. п. находит широкое применение при рассмотрении различных вопросов распространения волн, особенно при рассмотрении *явлений дифракции*.

Д

Дальний прием телевизионных передач — прием телевизионных сигналов на расстояниях, в несколько раз превышающих расстояние прямой видимости между передающей и приемной антеннами.

Д. п. т. п. на расстояние в несколько сот километров возможен при особых условиях преломления радиоволн в нижних слоях атмосферы — тропосфере. Это явление подобно миражу в пустыне. Кроме того, Д. п. т. п. на такие расстояния возможен за счет рассеяния волн на тропосферных неоднородностях. В силу аналогичного рассеяния виден свет зари, когда Солнце находится намного ниже горизонта.

Сверхдальний прием телевизионного изображения на расстояние 1000 *км* и более возможен при особенно сильной ионизации в *ионосфере*. В этих случаях метровые волны отражаются от ионизированного слоя (в частности, слоя F_2), так же как *короткие волны*, с образованием *зоны молчания*. Кроме того, сверхдальний прием ТВ бывает за счет отражения метровых волн от спорадического нерегулярного слоя E_c и от неоднородностей в ионосфере.

Во всех случаях сверхдальнего приема телевизионного изображения и тропосферного рассеяния происходит многолучевое распространение, сильно и нерегулярно искажающее форму сигналов изображения (крутых фронтов), как и при передаче телевизионного изображения на коротких волнах.

Для Д. п. т. п. необходимы сильно направленные и высокие приемные антенны, а также малошумящие усилители высокой частоты (антенные усилители).

Условия для Д. п. т. п. бывают редко и не обеспечивают регулярного качественного приема.

Дальность действия радиолокационной станции — предельное расстояние между станцией и целью, при котором станция может нормально осуществлять свои функции: станция обнаружения — обнаруживать цели; станция орудийной наводки — вырабатывать достаточно точно *координаты цели* для ведения по ней прицельной стрельбы и осуществлять слежение за целью (см. *Автоматическое сопровождение цели*).

Д. д. р. с. растет с увеличением мощности передатчика станции и улучшением *чувствительности приемника*, а также зависит от характеристик *направленного действия антенны*. Чувствительность приемника лучше при малой *полосе* его *пропускания*. Поэтому для достижения большой дальности действия станции обнаружения работа ведется импульсами достаточно большой длительности (порядка единиц микросекунд). При этом *спектр* сигнала получается узким, что позволяет и полосу пропускания делать малой. Напротив, в станциях орудийной наводки, где нет необходимости иметь большую Д. д. р. с., работа производится короткими импульсами (порядка десятых долей микросекунды), что расширяет спектр сигнала и полосу пропускания приемника, т. е. ухудшает его чувствительность, но зато позволяет более точно определять координаты цели.

Датчик — прибор, воспринимающий воздействие извне и непрерывно преобразующий это воздействие в сигнал (обычно электрический), удобный для дальнейшей передачи. Д., реагируя на изменение какой-либо величины, например температуры, скорости, давления, создает соответствующие сигналы, которые позволяют измерить данную величину или воздействовать на приборы и механизмы, автоматически поддерживающие нужное значение величины. Различные Д. широко применяются для электрических измерений неэлектрических величин, в телеизмерениях, автоматике и телемеханике.

Датчик Холла — полупроводниковый прибор, вырабатывающий э. д. с., величина которой пропорциональна силе тока в цепи питания датчика и напряженности поля, пронизывающего датчик. Действие Д. Х. основано на *эффекте Холла*. Конструктивно Д. Х. представляет собой тонкую прямоугольную пластинку из полупроводникового материала с высокой подвижностью носителей (мышьяковистый индий, сурьмянистый индий), снабженную четырьмя электродами, два из которых вводятся в цепь питания, а другие два служат для съема э. д. с. Холла. Д. Х. применяются для измерения напряженности магнитного поля, силы тока, электрической мощности, для детектирования, генерирования, умножения и других преобразований электрических сигналов.

Двоичная единица — см. *Количество информации*.

Двоичная система счисления — *система счисления* с основанием 2. В этой системе для изображения чисел необходимо иметь всего две цифры: 0 и 1, что и обусловило преимущественное использование Д. с. с. в технике электронных цифровых вычислительных машин. Наиболее простые и надежные электронные схемы — это схемы с двумя устойчивыми состояниями, поэтому реализация вычислительных устройств на бистабильных схемах, естественно, приводит к использованию Д. с. с. Кроме Д. с. с., в цифровой технике нашли применение восьмиричная и шестнадцатиричная системы счисления, которые удобны при составлении программ (кодировании) и для некоторых других целей. В восьмиричной системе счисления каждый разряд соответствует трем разрядам Д. с. с., а в шестнадцатиричной — четырем.

Двойное преобразование частоты (в супергетеродинах) — *преобразование частоты* принимаемых сигналов (с помощью первого гетеродина) в колебания первой промежуточной частоты, которые после усиления снова преобразуются (с помощью второго гетеродина) в колебания другой промежуточной частоты для дальнейшего усиления. Д. п. ч. применяется в супергете-

родинах в тех случаях, когда оказывается затруднительным получить на одной промежуточной частоте достаточно высокую избирательность или достаточно большое усиление.

Двойной диод — *два диода*, помещенные в одном баллоне. В зависимости от назначения Д. д. оба диода делаются либо с общим катодом, либо с двумя изолированными друг от друга катодами.

Двойной диод-пентод — электронная лампа, которая содержит два *диода* и *пентод* в общем баллоне.

Двойной диод-триод — *два диода* и *триод* в общем баллоне.

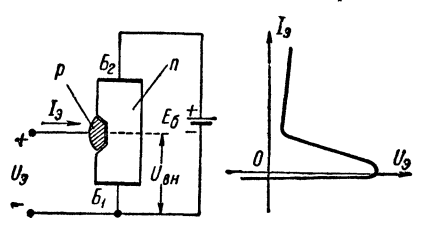
Двойной триод — два триода, помещенные в одном баллоне.

Двугорбая кривая резонанса — *кривая резонанса* с двумя максимумами («горбами»). Д. к. р. наблюдаются в двух *связанных контурах* при достаточно сильной связи между ними.

Двусторонняя мозаика (мишень) — мишень передающей электронно-лучевой трубки с накоплением, в которой оптическое или электронное изображение проектируется с одной стороны, а коммутация рельефа считывающим лучом осуществляется с другой стороны (см. *Суперортикон*).

Двусторонняя радиосвязь — радиосвязь между двумя пунктами (в каждом из них расположены передатчик и приемник), при которой осуществляется передача и прием в обоих направлениях.

Двухбазовый диод — полупроводниковый прибор, обладающий вольт-амперной характеристикой с участком *отрицательного сопротивления*. Конструктивно (см. рис.) Д. б. отличается от обычного полупроводникового диода плоскостного типа наличием двух выводов от базовой пластинки полупроводника. Эти выводы ($Б_1$ и $Б_2$) располагаются с противоположных сторон от $p — n$ перехода и включаются в цепь вспомогательного источника тока ($E_б$). Проходящий вдоль пластинки ток на участке, заключенном между выводом $Б_1$ и $p — n$ переходом, создает внутреннее падение напряжения $U_{вн}$, которое запирает $p — n$ переход до тех пор, пока внешнее напряжение $U_э$ в цепи $p — n$ перехода не превысит величину $U_{вн}$. При $U_э > U_{вн}$ через переход начинает проходить прямой ток и в базу инъектируются *неосновные носители*. Увеличение концентрации

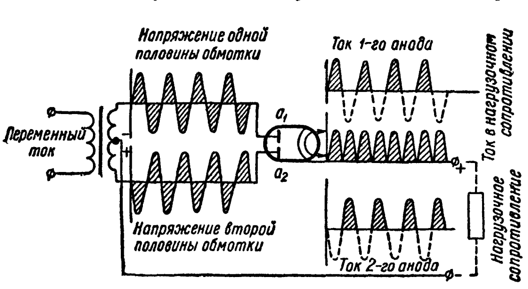


носителей, происходящее в основном на участке $p — n$ переход — $Б_1$, уменьшает сопротивление этого участка, вместе с тем уменьшается внутреннее падение напряжения $U_{вн}$. При соответствующих свойствах материала базы и геометрии прибора сопротивление пластинки уменьшается быстрее увеличения тока через переход, т. е. нарастание тока $I_э$ сопровождается понижением напряжения $U_э$, как показано на рис. справа.

Д. д. применяют главным образом в импульсных спусковых схемах.

Двухлучевая электронно-лучевая трубка — *электронно-лучевая трубка* с двумя пучками электронов, проходящими через различные отклоняющие системы, но попадающими на один и тот же люминесцирующий экран. Каждый из электронных пучков вычерчивает на экране изменения во времени напряжений или токов, подводимых к соответствующей отклоняющей системе, и на экране можно наблюдать одновременно протекание двух различных процессов.

Двухполупериодное выпрямление — выпрямление переменного тока, при котором выпрямляющие элементы включены таким образом, что текущие через них в различные полупериоды токи имеют в нагрузочном сопротивлении одинаковое направление. В отличие от однополупериодного выпрямления в Д. в. используются обе полуволны переменного тока, что повышает к. п. д. выпрямителя и облегчает *сглаживание* пульсаций выпрямленного тока (так как *четные гармоники* в выпрямленном токе отсутствуют).



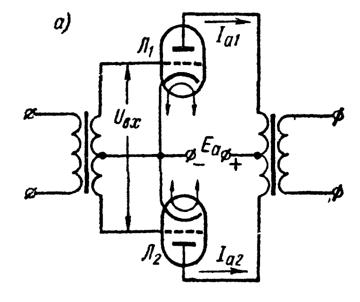
Специально для Д. в. выпускаются двуханодные кенотроны и газотроны. Схема Д. в. с помощью двуханодного кенотрона изображена на рис. Ток в нагрузке всегда течет в направлении от катода: в течение одного полупериода к одному из анодов, а в течение другого полупериода — к другому. На графиках изображены напряжения и токи в различных участках схемы Д. в.

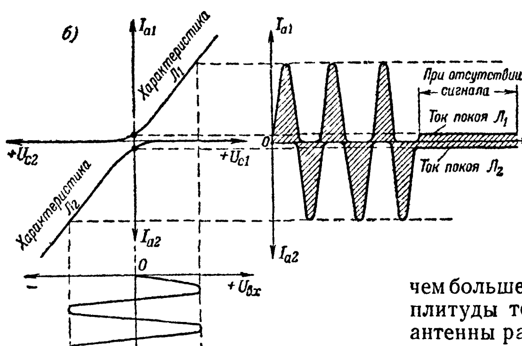
Двухполюсник — см. *Многополюсники.*

Двухтактные схемы — схемы, состоящие из двух одинаковых цепей, включенных таким образом, что в них текут токи, одинаковые по величине, но противоположные по фазе. Широкое распространение получили двухтактные схемы с электронными лампами или полупроводниковыми триодами. Одна их таких схем — двухтактный каскад усиления низкой частоты (см. рис. *а*) — работает следующим образом. Напряжения, подводимые к сеткам ламп от половин вторичной обмотки входного трансформатора, равны по величине, но противоположны по фазе. Поэтому изменения анодного тока также противоположны по фазе. В двух половинах первичной обмотки выходного трансформатора анодные токи ламп текут в противоположные стороны, а значит, магнитный поток в сердечнике трансформатора определяется разностью этих токов. Когда они равны, то результирующий магнитный поток равен нулю. Но когда к сеткам ламп подводится переменное напряжение в противоположных фазах, анодный ток одной лампы увеличивается, а другой уменьшается. Возникает магнитный поток в сердечнике, имеющий удвоенную величину по сравнению с тем, что было бы при одной лампе. Таким образом, выходной трансформатор Д. с. работает без постоянного магнитного потока и поэтому в нем практически не возникает *магнитное насыщение* сердечника.

Основная особенность усилительных Д. с. состоит в том, что рабочие точки можно выбрать вблизи нижнего изгиба характеристики ламп (см. рис. *б*), т. е. лампы могут работать в режиме класса В (см. *Классы усиления*) и при этом на выходе получаются колебания без значительных искажений. В течение одного полупериода работает одна лампа, а в течение другого полупериода — вторая; в результате обе полуволны выходного напряжения поочередно создаются обеими лампами Д. с. Постоянная составляющая анодного тока, а следовательно, и расход мощности источника анодного питания при

работе в режиме класса В гораздо меньше, чем при работе в режиме класса А. Поэтому к. п. д. усили-





тельной Д. с. может быть значительно выше, чем однотактных.

Д. с. широко используются в мощных каскадах усиления низкой частоты. Они применяются также и в генераторах. Для Д. с. выпускаются специальные двойные лампы, например двойные триоды.

Девиация частоты — наибольшее отклонение частоты от среднего значения при *частотной модуляции*. От величины Д. ч. существенно зависит спектр частотно *модулированного колебания*.

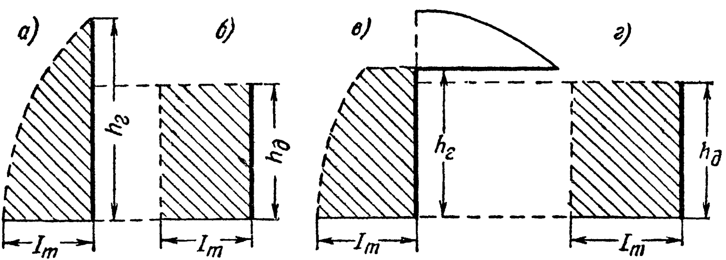
Действующая длина (высота) антенны — величина, связывающая ток, текущий в линейной антенне (т. е. в антенне, состоящей из одного или нескольких близких друг к другу линейных проводников), с напряженностью поля электромагнитной волны, излучаемой передающей антенной или возбуждающей ток в приемной антенне. В случае передающей антенны каждый ее малый элемент создает электромагнитное поле, подобное полю вибратора Герца (см. *Герца вибратор*). Электромагнитные поля, создаваемые отдельными элементами, складываются, и результирующее поле будет тем сильнее, чем больше число элементов (при данной длине каждого элемента) участвует в образовании этого поля, т. е. чем больше длина антенны.

В каждом элементе приемной антенны падающая на нее электромагнитная волна создает э. д. с. И если эти э. д. с. совпадают или мало отличаются по фазе, то в приемной антенне ток тем больше, чем больше длина антенны. Если амплитуды тока в разных элементах антенны различны, то эти элементы играют разную роль в излучении или приеме электромагнитных волн антенной. Амплитуды тока в различных элементах антенны бывают различны вследствие того, что колебания, возбуждаемые в передающей антенне передатчиком или в приемной антенне приходящей волной, в большинстве случаев представляют собой *стоячие электромагнитные волны*, у которых величина тока в разных местах различна. Поэтому передающая антенна данной длины, у которой амплитуды тока в пучности равны I_m (а значит, токи во всех других элементах антенны меньше I_m), создает меньшую напряженность поля, чем антенна той же длины, у которой амплитуда тока по всей длине равна I_m. Иначе говоря, воображаемая антенна, у которой амплитуда тока по всей длине

равна I_m, будет создавать ту же напряженность поля при меньшей длине l_e, чем длина l реальной антенны, у которой амплитуда тока в пучности равна I_m. Эта меньшая длина воображаемой антенны и называется Д. д. а. (или Д. в. а. в случае заземленной антенны или антенны с противовесом) данной реальной передающей антенны.

Аналогично определяется и Д. д. а. (Д. в. а.) приемной антенны. Положим, что реальной антенне длиной l, в которой приходящая волна, возбуждая ток, в пучности равный I_m (а во всех других точках меньший), отдает некоторую мощность P. Тогда воображаемой антенне той же длины l, в которой эта приходящая волна возбуждала бы ток одинаковой амплитуды I_m во всех элементах, она отдавала бы мощность, бо́льшую P. А для того чтобы воображаемая антенна получала от приходящей волны ту же мощность, что и реальная антенна, длина воображаемой антенны l_e должна быть меньше l. Эта меньшая длина (высота) l_e воображаемой антенны и является Д. д. а. (Д. в. а.) реальной приемной антенны. Из *принципа взаимности* следует, что Д. д. а. (Д. в. а.), как и все другие характеристики данной антенны, имеет одно и то же значение, независимо от того, используется ли антенна в качестве передающей или приемной.

Д. д. а. (Д. в. а.) зависит от геометрических размеров антенны и от распределения тока в ней. Д. д. а. определяется площадью, ограниченной кривой распределения тока (см. рис. *а*). В простейшем случае, когда амплитуда тока вдоль заземленной антенны (длиной в четверть волны) распределена по закону косинуса, Д. д. а. составляет, как это видно из условия равенства площадей (см. рис. *б*), 0,7 ее геометрической длины. Вообще же, при несинусоидальном распределении амплитуд тока, чем ближе амплитуда тока во всех точках антенны к амплитуде тока в ее пучности, тем ближе Д. д. а. к геометрической длине антенны. Несинусоидальное распределение амплитуд тока вдоль антенны возникает тогда, когда индуктивность и емкость антенны распределены вдоль ее длины неравномерно, например в антенну включены *удлинительная катушка индуктивности* или *укорачивающий конденсатор*. В случае заземленной антенны высотой в четверть волны при синусоидальном распределении амплитуд получается то же соотношение между Д. в. а. и ее геометрической высотой, что и в случае полуволновой незаземленной антенны.



Если заземленная антенна имеет длинную горизонтальную часть, но вся ее длина по-прежнему равна четверти длины волны, то распределение тока вдоль всей длины антенны остается по-прежнему синусоидальным (см. рис. *в*). Поэтому вдоль вертикальной части высотой $h_г$ (а только она в рассматри-

ваемом случае практически излучает и принимает электромагнитные волны) амплитуда тока во всех точках незначительно меньше, чем в пучности. Поэтому Д. в. а. $h_д$ для такой антенны (см. рис. *г*) ближе к ее геометрической высоте, чем у антенны, не имеющей горизонтальной части. Таким образом, горизонтальная часть антенны увеличивает Д. в. а.

Действующая площадь антенны — величина, применяемая для характеристики свойств антенн УКВ диапазона. Наиболее наглядно можно определить Д. п. а., рассматривая приемную антенну, на которую падает плоская электромагнитная волна. Если *плотность потока энергии* электромагнитной волны равна p, а наибольшая мощность, которую может из этой электромагнитной волны извлечь приемная антенна, равна P, то Д. п. а.

$$S_{ef} = \frac{P}{p}.$$

Максимальную мощность антенна извлекает из падающей волны при условии, что направление прихода этой волны совпадает с направлением максимума главного лепестка *диаграммы направленности* данной антенны. Если, например, плоская волна приходит вдоль оси параболического рефлектора, то вся мощность, падающая на поверхность рефлектора, $P_0 = S_0 p$, где S_0 — геометрическая площадь раскрыва рефлектора. Вследствие того, что часть падающей на поверхность рефлектора энергии волны рассеивается (из-за неточности формы поверхности и других дефектов), всегда $P < P_0$, и значит $S_{ef} < S_0$. Чем больше S_{ef}/S_0, тем выше к. п. д. антенны.

Действующее значение переменного напряжения (переменного тока) — постоянное напряжение (постоянный ток), развивающее в данном активном сопротивлении такую же мощность, как и рассматриваемое переменное напряжение (рассматриваемый переменный ток). Д. з. п. н. (п. т.) всегда меньше амплитудного значения рассматриваемого переменного напряжения (переменного тока). В случае синусоидального напряжения с амплитудой U_m Д. з. п. н.

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0{,}7 U_m \qquad (1)$$

и действующее значение переменного тока (в случае синосуидального тока с амплитудой I_m):

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0{,}7\, I_m. \qquad (2)$$

Так как при постоянном напряжении U и постоянном токе I в сопротивлении выделяется мощность

$$P = UI,$$

то при синусоидальном переменном токе с действующими значениями U и I в том же сопротивлении, как следует из (1) и (2), выделяется мощность

$$P = \frac{U_m I_m}{2}.$$

Действующее напряжение (в электронной лампе с управляющей сеткой) — напряжение, которое, будучи приложено к аноду эквивалентного диода, т. е. диода, анод которого расположен в плоскости управляющей сетки, создает поле у катода, равное полю, фактически существующему у катода в данной лампе.

В электронных лампах, где кроме анода и катода имеются еще одна или несколько сеток, т. е. в триодах, тетродах, пентодах и т. д., катодный ток определяется результирующим электрическим полем, появляющимся в результате наличия анодного напряжения и напряжения на сетке (одной или нескольких).

Для удобства расчетов можно полагать, что результирующее поле у катода создается эквивалент-

ным Д. н., приложенным к одному из электродов. Обычно считают, что Д. н. приложено к первой (управляющей) сетке. В таком случае, применяя закономерности, связывающие катодный ток с анодным напряжением в диоде, можно рассчитать катодный ток триода и многоэлектродных ламп.

В большинстве случаев для триода Д. н. $U_д$ может быть приближенно определено из выражения

$$U_д = U_g + DU_a,$$

где U_g — напряжение на сетке; D — проницаемость электронной лампы; U_a — напряжение на аноде.

Выражение для Д. н. в лампах с числом сеток более одной имеет более сложный вид.

Декатрон — ионный многоэлектродный прибор с тлеющим разрядом, предназначенный для счета электрических импульсов в десятичной системе счисления. Может применяться и для иных целей, например для коммутации электрических цепей.

Наиболее часто применяется двухимпульсный Д. Каждый поступающий электрический импульс, подлежащий подсчету, предварительно проходит через специальное устройство, где преобразуется в два импульса одинаковой полярности, непосредственно следующих друг за другом с интервалом в 1—2 *мксек*.

Д. представляет собой стеклянный баллон, в котором расположен центральный анод в виде диска, вокруг которого размещены 30 штырьков-катодов, разделенных на три группы, по 10 в каждой: группа индикаторных катодов, группа первых подкатодов, группа вторых подкатодов. В каждой группе все катоды соединены вместе и имеют общий вывод, кроме индикаторных катодов, где вместе соединены девять катодов, а один, называемый нулевым индикаторным катодом, имеет отдельный вывод. Все катоды расположены вокруг анода в определенной последовательности: нулевой индикаторный катод, один из первых подкатодов, один из вторых подкатодов и далее — индикаторный катод, первый подкатод, второй подкатод и т. д. Схема включения такова, что до прихода первого импульса между анодом и нулевым индикаторным катодом происходит тлеющий разряд и светящееся пятнышко ионизированного газа видно у нулевого индикаторного катода.

Первый поступающий импульс преобразуется в два импульса, из которых один поступает на группу первых подкатодов, и разряд переносится с нулевого индикаторного катода на ближайший из первых подкатодов; второй — переносит разряд на ближайший второй подкатод, а по окончании импульса разряд, а следовательно, и пятнышко светящегося газа переносится на ближайший индикаторный катод — первый. Таким же образом каждый последующий импульс переносит светящееся пятно на следующий индикаторный катод. Десятый импульс переносит пятно вновь на нулевой индикаторный катод, но при этом в цепи данного катода вырабатывается импульс, который может быть подан на второй Д., считающий десятки; десятый импульс, поступающий на этот Д., вырабатывает импульс, поступающий на третий Д., считающий сотни, и т. д.

Декодирование — преобразование закодированных сообщений в непрерывный сигнал. Д. осуществляется при помощи декодирующих устройств (дешифраторов). В декодирующих устройствах систем телеуправления и телеконтроля используются дешифраторы двух видов: признаков посылок и комбинационные. Первые обеспечивают контроль значения того или иного признака каждой отдельной посылки сигнала сообщения. Такие декодирующие устройства разделяются

на устройства полярности, амплитудные, длительности посылок и т. д. Вторые обеспечивают контроль порядка следования в сигнале сообщения посылок с различными значениями кодовых признаков либо контроль порядка распределения этих посылок по каналам связи или сообщения. На комбинационное устройство обычно воздействуют устройства признаков отдельных посылок. Комбинационные устройства воздействуют на ту или иную выходную цепь в зависимости от принятой комбинации кодовых признаков всех посылок сигнала сообщения или элемента этого сигнала.

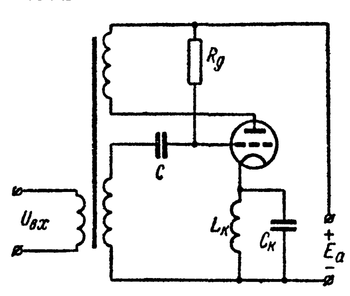
В вычислительной технике декодирующие устройства представляют собой схему или матрицу, имеющую некоторое число входов и выходов, которая преобразует определенную кодовую комбинацию сигналов в определенный сигнал на выходе.

Декодирующие устройства характеризуются следующими основными параметрами: 1) область надежного срабатывания; 2) область ненадежного срабатывания; 3) число рабочих значений контролируемого признака; 4) количество элементов; 5) быстродействие; 6) величина отношения сигнала к помехе.

Деление частоты — возбуждение периодическим внешним воздействием колебаний с частотой, которая точно в целое число раз меньше частоты внешнего воздействия. Д. ч. происходит при *автопараметрическом возбуждении* и при *захватывании* на унтертоне. Последний метод Д. ч. имеет ряд важных практических применений, например при точном измерении частоты колебаний, при синхронизации напряжения развертки в электронном осциллографе и т. д.

Делинджера эффект — явление кратковременного резкого ослабления радиосигналов (вплоть до полного их пропадания), наблюдаемое лишь в те периоды, когда путь распространения *пространственной радиоволны*, служащей для передачи радиосигналов, проходит по части земной поверхности, освещенной Солнцем. Д. э. вызывается резким возрастанием поглощения радиоволн в слое *D* *ионосферы*, вследствие повышения ионизации этого слоя под влиянием ионизирующего излучения, возникающего во время хромосферных вспышек на Солнце.

Делители частоты следования импульсов — устройства для деления частоты следования импульсов в целое число раз. Применяются три основных метода деления частоты.



Первый метод используется для деления частоты повторения равноотстоящих импульсов и основан на применении *релаксаторов* в режиме *синхронизации*. Входные импульсы с периодом T синхронизируют автоколебательный релаксатор с кратностью, равной n. Однокаскадный делитель на основе *мультивибратора* может устойчиво работать (при условии постоянства T) с $n \leqslant 8 \div 10$. *Блокинг-генератор* дает меньший коэффициент деления.

Повышение n достигается стабилизацией периода собственных колебаний релаксатора, а также применением контура ударного возбуждения в катодной цепи той лампы релаксатора, на сетке которой вырабатывается пилообразное на-

пряжение. Соответствующий пример схемы блокинг-генератора приведен на рис. На вход подаются положительные синхроимпульсы. При запирании лампы в контуре возникают свободные колебания, период которых выбирается равным $2T$. Пренебрегая длительностью интервала, в течение которого лампа открыта, можно считать, что максимум катодного потенциала (т. е. минимум напряжения «сетка—катод») совпадает по времени с первым, третьим, пятым и т. д. синхроимпульсами, начиная с запускающего. Поэтому опасность запуска этими импульсами ослаблена. Колебания срываются при отпирании лампы и возбуждаются при новом запирании. Таким образом, возможно увеличение n (четного) при сохранении устойчивого режима; этого можно добиться и при нечетном n.

Другой метод деления частоты основан на применении ждущих релаксаторов. Первый после восстановления релаксатора входной импульс запускает устройство. Если длительность *квазиравновесия* выбрана большей $(n-1)T$, но меньшей nT, то следующий запуск будет произведен через n входных импульсов.

Особенностями первого метода являются:

а) наличие выходных импульсов и при исчезновении синхроимпульсов;

б) возможность применения блокинг-генератора.

Особенности второго метода:

а) отсутствие выходных импульсов при отсутствии входных;

б) менее жесткие требования к амплитуде входных импульсов и вследствие этого — более высокая стабильность.

В обоих случаях n может быть доведено до 30 на одну ступень применением релаксаторов на *фантастроне*. Очевидно, повышение n возможно лишь при повышении стабильности T.

В тех случаях, когда заданное n велико, применяют многокаскадные схемы Д. ч. с. н., в которых выход одной ступени используется для запуска следующей. В простейших устройствах такого типа ни первый, ни второй методы не позволяют получать произвольное n (целые делители не должны превышать допустимого для одной ступени значения n).

Третий метод основан на применении триггерных *счетчиков импульсов*. Подобные делители устойчиво работают в весьма широком диапазоне частот повторения. Кроме того, достижимо любое значение n. Если $n = 2^k$ (k — целое), то используется счетчик, состоящий из k *триггеров*. Выходным сигналом служит сигнал сброса последнего триггера. В противном случае, например при $2^{k-1} < n < 2^k$, используется счетчик, состоящий из k триггеров с *дешифратором*, который при отсчете n-го импульса срабатывает и «сбрасывает» счетчик.

Недостаток этого метода состоит в большей аппаратурной сложности делителей.

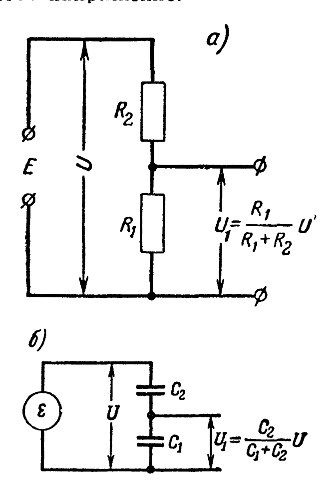
Промежуточным между вторым и третьим является метод, использующий счетчики накопительного типа.

Делитель напряжений — цепь из нескольких сопротивлений, служащая для того, чтобы разделить подводимое напряжение на части. Простейший Д. н. представляет собой два сопротивления R_1 и R_2, соединенные последовательно с источником э. д. с. E (см. рис. *а*). Если этот источник создает между концами Д. н. напряжение U, то на сопротивлении R_1 получается напряжение

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U.$$

Подбирая величины сопротивлений R_1 и R_2, можно выделить любую часть подводимого напряжения. Такие Д. н. широко приме-

няются в радиоаппаратуре, например, для того, чтобы из всего напряжения выпрямителя выделить меньшие напряжения для различных электродов лампы. Число сопротивлений в делителе соответствует числу частей, на которое делится напряжение.



Чтобы можно было изменять величину напряжения, даваемого делителем, в нем применяется либо одно сопротивление со скользящим контактом, либо большое число небольших постоянных сопротивлений, включенных последовательно. При изменении положения ползунка скользящего контакта изменяется величина сопротивления R_1, вследствие чего изменяется напряжение U_1, снимаемое с делителя. Такие переменные Д. н. называют (строго говоря, неправильно) *потенциометрами*.

Для деления переменных напряжений нередко применяются делители с реактивными сопротивлениями, например *емкостные Д. н.*, состоящие из двух или нескольких последовательно включенных конденсаторов (см. рис. *б*). Емкостные Д. н. применяются, например, для изменения пределов измерений в электростатических и ламповых вольтметрах.

Для изменения отношения, в котором делится подводимое напряжение, целесообразно изменять емкости обоих включенных последовательно в цепь усилителя конденсаторов так, чтобы не только нужным образом изменялось отношение емкостных сопротивлений конденсаторов, но чтобы при этом оставалась неизмененной сумма их емкостных сопротивлений (чтобы не изменялось подводимое переменное напряжение). Это требование выполняется, например, в *дифференциальном конденсаторе*.

Делительное устройство — узел или блок *моделирующей вычислительной машины*, в котором реализуется операция деления двух величин x/y. Многие типы множительных устройств могут использоваться и как Д. у. Операцию деления x/y можно, кроме того, выполнять в две ступени: вначале с помощью функционального преобразователя образовать величину $w = 1/y$, а затем произвести умножение: $x/y = wx$.

Дельта-функция — импульсная функция, равная нулю всюду, кроме начала координат, и бесконечности в начале координат, причем интеграл по времени от этой функции $\int\limits_{-\infty}^{+\infty} \delta(t)\,dt = 1$. Д. обладает тем свойством, что для всякой непрерывной функции $f(t)$ выполняются равенства:

$$\int\limits_{-\infty}^{\infty} f(t-\tau)\,\delta(\tau)\,dt = f(t);$$

$$\int\limits_{-\infty}^{\infty} f(t)\,\delta(t)\,dt = f(0),$$

которые позволяют рассматривать Д. как фильтр, выделяющий значение функции при $\tau = 0$. Д. можно определить как производную первого порядка от единичной функции. С Д. выполняют различ-

ные математические операции (дифференцируют, смещают и т. д.).

Применение Д. в операционном исчислении приводит к упрощению многих задач. В теории автоматического управления Д. полезна при исследовании линейных систем, реакция которых на действие Д. есть импульсная переходная функция.

Демодуляция — буквально процесс, обратный *модуляции*, т. е. процесс *детектирования*. Однако термин «демодуляция» обычно применяется в ином смысле. В некоторых случаях *амплитудные искажения* модулированных колебаний приводят к уменьшению глубины модуляции. Например, при *автоматической регулировке усиления* с недостаточно большой постоянной времени АРУ реагирует на изменения амплитуды модулированных колебаний, вследствие чего большие амплитуды усиливаются меньше, чем малые. В результате уменьшается разница между наибольшими и наименьшими амплитудами модулированных колебаний, т. е. уменьшается глубина модуляции. Этот процесс и называют Д.

Демпфирование — специальное увеличение потерь энергии в системе, имеющее целью повысить затухание колебаний в ней или превратить ее из колебательной в *апериодическую систему*. Д. применяется, например, в электроизмерительных приборах для сокращения времени, в течение которого стрелка прибора приходит в состояние покоя и становится возможным отсчитать показание.

Механическое Д. осуществляется путем увеличения трения или сопротивления среды, испытываемого системой при движении. Для этой цели, например, к вращающейся подвижной системе прибора прикрепляется легкий поршенек, который движется внутри изогнутой трубки и испытывает сопротивление со стороны находящегося в трубке воздуха.

Электрическое Д. обычно осуществляется за счет сил взаимодействия между магнитным полем и токами, индуцируемыми в проводниках, которые в этом магнитном поле движутся. По закону *Ленца*, в этом случае всегда должна возникать сила, препятствующая движению. Для этой цели, например, к вращающейся подвижной системе прикрепляется листок хорошо проводящего металла (меди, алюминия), расположенный между полюсами постоянного магнита. При движении листка в нем возникают *вихревые токи*, взаимодействие которых с магнитным полем магнита тормозит движение подвижной системы.

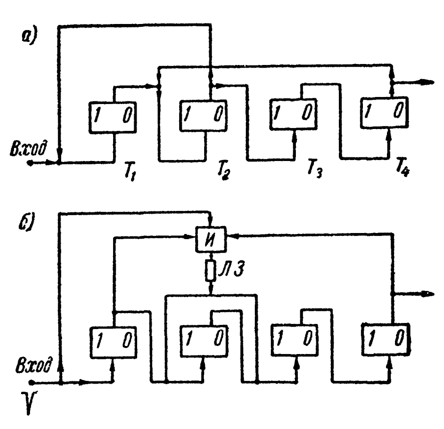
День радио — 7 мая. Установлен решением Совета Народных Комиссаров от 2 мая 1945 г. в ознаменование 50-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым. В постановлении Правительства говорилось:

«Учитывая важнейшую роль радио в культурной и политической жизни населения и для обороны страны, в целях популяризации достижений отечественной науки и техники в области радио и поощрения радиолюбительства среди широких слоев населения, установить 7 мая ежегодный День радио».

Деполяризатор — вещество, служащее для поглощения водорода, выделяющегося на положительном электроде гальванического элемента. В обычных угольно-цинковых элементах Д. является перекись марганца, которая окружает положительный электрод (уголь). Отдаваемый Д. кислород соединяется с водородом, выделяющимся при работе элемента, и образует воду.

Десятичные счетчики — счетчики импульсов, работающие в десятичной системе счисления. В качестве Д. с. можно использовать кольцевой счетчик, а также обычный двоичный счетчик, если только теми или иными методами изменить

число его возможных различных положений. Так, для построения счетчика с коэффициентом деления 10 можно использовать схему (см. рис.), состоящую из четырех двоичных ячеек.



Импульс на выходе такой схемы возникает при поступлении на ее вход $2^4 = 16$ импульсов. В Д. с. требуется получить один импульс на выходе при поступлении на вход только десяти импульсов. Поэтому необходимо исключить $16 - 10 = 6$ возможных состояний четырехкаскадного счетчика или, что то же самое, как бы искусственно ввести дополнительно шесть импульсов на вход первого элемента T_1.

Понятно, что вводу шести импульсов на вход T_1 равноценен ввод одного дополнительного импульса на вход T_2 и одного дополнительного импульса на вход T_3 (или двух импульсов на вход T_1 и двух импульсов на вход T_2). Иными словами, следует вызвать одно дополнительное опрокидывание триггеров T_2 и T_3 (или два дополнительных срабатывания триггеров T_1 и T_2). Это можно осуществить путем введения обратных связей последующих элементов с предыдущими и тем самым использовать выходной импульс последующего элемента для дополнительного опрокидывания одного или нескольких предыдущих. На рис. *а* показан пример блок-схемы Д. с. с обратными связями.

Исключения ряда устойчивых состояний счетчика, состоящего из двоичных элементов, можно достигнуть путем продвижения некоторых входных импульсов в обход элементов младших разрядов. Пример схемы декадного счетчика, в которой используется такой способ, показан на рис. *б*.

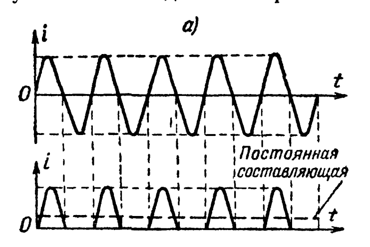
Когда в первом (T_1) и последнем (T_4) элементах запишутся «1», будут поданы разрешающие потенциалы на два входа схемы «И», и очередной входной импульс воздействует не только на элемент T_1, но через схему «И» и элемент задержки (*ЛЗ*) поступает также на входы T_2 и T_3.

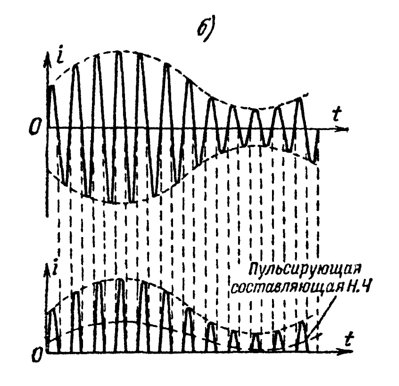
Если в качестве элементов используются, например, ламповые (или транзисторные) триггеры, то после девятого входного импульса в элементах T_1 и T_4 оказывается записанной «1», а десятый импульс установит все разряды счетчика в положение «0», после чего цикл начинается заново.

На практике применяются различные варианты схем, использующие такой способ продвижения импульсов.

Детектирование — вообще процесс преобразования электрических колебаний, в результате которого получается постоянный ток и колебания какой-либо другой, обычно более низкой, частоты (или только один постоянный ток). Наиболее важный случай Д., встречающийся в радиотехнике, — это преобразование модулированных колебаний высокой частоты в колебания с частотой модуляции. Такое Д. применяется во всяком радиоприемнике для получения колебаний звуковой частоты при радиотелефонном приеме, получения сигналов изображения при приеме телевидения и т. д.

В большинстве случаев процесс Д. осуществляется с помощью выпрямления колебаний. Если электрическое колебание подвести к устройству, пропускающему ток только в одном направлении, то колебание превратится в ряд импульсов тока одного направления





(см. рис. *а*). *Постоянная составляющая* этих импульсов имеет неизменную величину, пока не изменяется амплитуда детектируемых колебаний. Но если амплитуда колебаний изменяется (модулируется), то соответственно изменяется высота импульсов, а значит, и величина постоянной составляющей (см. рис. *б*). Точнее говоря, помимо постоянной составляющей будет получаться и *переменная составляющая*, которая повторяет закон изменения амплитуды подводимых колебаний. Таким образом, при выпрямлении модулированных колебаний получаются постоянная составляющая и колебание с частотой модуляции, т. е. осуществляется Д.

Другой случай Д. — это получение из двух колебаний различной частоты нового колебания с частотой, равной разности (или сумме) частот подводимых колебаний. При сложении двух колебаний с различными частотами получаются *биения*, т. е. колебания, амплитуда которых изменяется с частотой, равной разности частот складывающихся колебаний. Поэтому Д. для получения колебаний разностной частоты, применяющееся в *смесителях* супергетеродинов, по существу мало отличается от Д. модулированных колебаний.

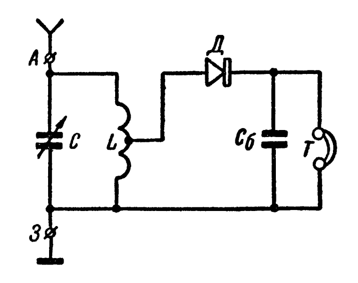
Выше Д. рассматривалось как результат полного выпрямления колебаний. Однако, если колебания выпрямляются лишь частично, т. е. подводятся к цепи, которая не обладает односторонней проводимостью, а лишь проводит ток неодинаково в разных направлениях, то также происходит Д. Таким образом, любая цепь с несимметричной проводимостью может служить для Д.

Детектор — элемент электрической цепи, обладающий несимметричной проводимостью (т. е. различной в двух направлениях) и поэтому позволяющий осуществить *детектирование*. В радиоприемниках Д. служит для преобразования модулированных колебаний в колебания, повторяющие передаваемые сигналы, а также для преобразования частоты в *супергетеродинах*. В качестве Д. применяются электронные или полупроводниковые (кристаллические) *диоды* и *триоды*.

Детекторные электроизмерительные приборы — приборы для измерения переменных напряжений звуковой и ультразвуковой частот. Д. э. п. состоят из стрелочного миллиамперметра постоянного тока магнитно-электрического типа и выпрямителя на полупроводнико-

вых приборах. Выпрямление может производиться с помощью одного полупроводникового диода, но, во избежание пробоя диода при больших измеряемых напряжениях, предпочтительно применяются схемы с двумя или четырьмя (соединенными по схеме моста) диодами. Так как полупроводниковые диоды, применяемые для сравнительно больших токов, обладают и большой собственной емкостью, которая шунтирует диод при больших частотах, Д. э. п. для высоких частот непригодны.

Детекторный радиоприемник — простейший радиоприемник, в котором принимаемые колебания не усиливаются по мощности, а лишь



преобразуются в колебания звуковой частоты с помощью кристаллического детектора. Обычно Д. р. содержит один колебательный контур *LC* (см. рис.), включенный между антенной и заземлением, причем величину емкости конденсатора *C* или индуктивности катушки *L* можно изменять в широких пределах. К концам катушки или к части ее присоединяется детекторная цепь, состоящая из кристаллического детектора *Д* и телефона *Т*, параллельно которому включен конденсатор $C_б$. Изменением емкости *C* или индуктивности *L* колебательный контур настраивается на частоту принимаемой станции и благодаря явлению *резонанса* выделяет нужные сигналы из сигналов всех тех станций, радиоволны которых действуют на приемную антенну. Напряжение высокой частоты, получающееся на контуре, воздействует на детектор. Для уменьшения потери этого напряжения на большом сопротивлении обмоток телефона служит конденсатор $C_б$, называемый блокировочным. Детектор преобразует принятые модулированные колебания в токи низкой частоты, которые проходят через обмотку телефона и создают в нем звук.

В Д. р. нет собственного источника энергии, и все процессы в таком приемнике происходят только за счет той энергии, которую несут с собой принимаемые радиоволны. Даже в самых благоприятных случаях мощность, попадающая из приемной антенны в Д. р., очень мала и ее не хватает для нормальной работы громкоговорителя. Поэтому Д. р., как правило, работает на головной телефон и принимает лишь не очень удаленные радиостанции.

Детонация — специфическое искажение, обусловленное различной скоростью движения *сигналоносителя* при записи и воспроизведении звука. Если при *звукозаписи* скорость v_1 движения материала, на который наносится запись, отличается от его скорости v_2 при воспроизведении, то изменяется частота воспроизводимого звука. При $v_1 > v_2$ частота понижается и звуки воспринимаются более низкими (басовыми). При $v_1 < v_2$ частота повышается. Отношение частот записываемого и воспроизводимого сигналов равно v_1/v_2. На слух заметно изменение частоты, превышающее 0,3%. Поэтому к постоянству скорости при записи и воспроизведении предъявляются высокие требования. Если механизм звукозаписывающего или воспроизводящего аппарата не обеспечивает постоянства скорости (из-за случайных рывков), то при частоте изменения скорости, не превышающей 15—20 *гц*, воспроизводимый звук приобретает характер отдельных завы-

ваний или «плавания». Эти искажения называются Д. первого рода. При большей частоте колебаний скорости воспроизводимый звук приобретает хриплость, свойственную *нелинейным искажениям*, — это Д. второго рода. Количественно Д. оценивается по изменению частоты при воспроизведении. Измерение Д. производится детонометром.

Дефлекторные пластины — см. *Отклоняющие пластины.*

Децибел (*дб*) — одна десятая *бела*, единица *логарифмической шкалы* для измерения усиления или ослабления мощности при преобразовании или передаче энергии. Эту же единицу применяют для измерения усиления или ослабления напряжений и токов. Усиление или ослабление мощности в децибелах N выражается следующим образом:

$$N_{дб} = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}, \qquad (1)$$

где P_1 и P_2 — соответственно мощности до и после усиления (или ослабления). При усилении P_2 больше P_1 и N положительно; при ослаблении P_2 меньше P_1 и N отрицательно.

Так как мощность $P = I^2R = \frac{U^2}{R}$, где I и U — соответственно действующие значения тока и напряжения, а R — сопротивление нагрузки, то при одинаковых сопротивлениях на входе и выходе усилителя получаем:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2^2}{I_1^2} = \frac{U_2^2}{U_1^2}$$

Следовательно, заменив отношение мощностей отношением напряжений (то же можно сделать и для токов), получим:

$$N_{дб} = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}. \qquad (2)$$

При условии равенства сопротивлений на входе и выходе это выражение определяет усиление мощности так же, как и выражение (1). Если же сопротивления на входе и выходе различны, то число децибел по формуле (2) определяет только усиление по напряжению и ничего не говорит об усилении по мощности.

В таблице приведены отношения напряжений, приблизительно соответствующие данному числу децибел.

дб	U_2/U_1	*дб*	U_2/U_1
0	1	6	2,0
1	1,12	7	2,2
2	1,26	8	2,5
3	1,4	9	2,8
4	1,6	10	3,2
5	1,8	20	10

Пользуясь этой таблицей, можно найти отношение напряжений, соответствующее любому числу децибел. Так как шкала децибел логарифмическая, то нужно заданное число децибел представить в виде суммы чисел, имеющихся в таблице, а соответствующие отношения напряжений перемножить. Например, 36 *дб* можно выразить как (20 + 10 + 6) *дб*. Умножив соответствующие отношения напряжений (10 × 3,2 × 2 = 64), найдем, что 36 *дб* соответствуют изменению напряжения в 64 раза.

Иногда в децибелах выражают также значение какой-либо величины по отношению к некоторому условно выбранному постоянному уровню. Так, в акустике громкость звука отсчитывают в децибелах от порога чувствительности человеческого уха, т. е. той наименьшей амплитуды звука, при которой ухо начинает различать звук. Например, громкость звука в 20 *дб* означает, что амплитуда звуковой волны в 10 раз больше амплитуды, соответствующей порогу чувствительности уха.

Дециметровые волны — радиоволны длиной от 10 *см* до 1 *м*, соот-

ветствующие диапазону частот от 3 000 до 300 *Мгц*. По условиям распространения Д. в. близки к *сантиметровым волнам*.

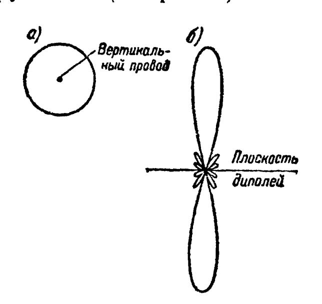
Дешифратор — избирательная схема, представляющая собой *многополюсник* с n входами и N выходами, причем каждой комбинации входных сигналов соответствует единственный выход. Сейчас, как правило, используются Д., в которых адрес задается в виде двоичного *кода*; отсюда следует, что $N \leqslant 2^n$. Д. могут быть построены на различных элементах. В соответствии с этим они называются диодными, магнитными, диодно-трансформаторными, транзисторными и т. д. По принципу построения структурной схемы Д. делятся на матричные (или прямоугольные), пирамидальные и ступенчатые. Если $N = 2^n$, то при построении Д. оказываются использованными все возможные комбинации входных сигналов, и Д. в этом случае не содержит избыточности. Если $N < 2^n$, то Д. имеет избыточность, которая используется для придания ему каких-либо специальных свойств (например, для повышения надежности работы). Диодные, диодно-трансформаторные и транзисторные Д. строятся как совокупность определенного количества *схем совпадения*; магнитные Д. на сердечниках из материала с прямоугольной петлей гистерезиса составляются из *пороговых схем* (магнитных ключей).

В литературе Д. иногда называются декодирующими схемами (устройствами), коммутаторами, переключателями.

В устройствах автоматики и телемеханики широко применяются также Д., построенные на электромагнитных реле.

Диаграмма направленности (антенны) — изображенная в виде графика *характеристика направленного действия антенны*, т. е. ее способности излучать или принимать волны в разных направлениях

Д. н. строятся обычно следующим образом. Из некоторой точки как из центра в различных направлениях откладываются отрезки, длина которых в определенном масштабе изображает напряженность поля волны или плотность потока энергии, излучаемой антенной в данном направлении, измеренные на одном и том же расстоянии от антенны (соответственно Д. н. называются «Д. н. по полю» или «Д. н. по мощности»). Концы отрезков соединяются плавной кривой, которая и представляет собой Д. н. (ее называют полярной Д. н.). Например, если антенна представляет собой вертикальный провод, то в горизонтальной плоскости она во всех направлениях излучает одинаково и ее Д. н. в этой плоскости есть окружность (см. рис. *а*).



На рис. *б* для примера приведена Д. н. в горизонтальной плоскости *синфазной антенны*, состоящей из шести вертикальных диполей, расположенных на одной горизонтальной прямой на расстоянии полуволны один от другого (токи в диполях совпадают по фазе).

Из *принципа взаимности* следует что всякая антенна обладает одинаковой Д. н., работая как передающая или как приемная. Поэтому Д. н. антенны можно снимать, применяя ее в качестве передающей или приемной, независимо от того, для чего она предназначена. В первом случае в антенну включается генератор, и с помощью

переносного приемника измеряется напряженность поля, создаваемого антенной на одинаковом расстоянии от нее в разных направлениях. Во втором случае в антенну включается приемник и измеряется сила приема сигналов от переносного генератора, располагаемого на одинаковых расстояниях от антенны, но в разных направлениях от нее.

Практически важно знать направленные свойства антенны для случаев связи на значительных расстояниях, т. е. когда волну, принимаемую антенной или излучаемую ею, можно считать плоской (см. *Плоская волна*). Если это условие не соблюдено, то распределение поля по различным направлениям может быть иным, чем в случае плоской волны. Иначе говоря, Д. н. антенны «формируется» лишь на некотором расстоянии от нее. Оно тем больше, чем больше размеры антенны и чем короче длина волны. Для больших антенн, работающих на коротких волнах, это расстояние оказывается весьма значительным. Поэтому при снятии Д. н. переносный приемник или генератор должен располагаться на достаточно большом расстоянии от изучаемой антенны.

Диаграмма цветности — то же, что *цветовой график*.

Диамагнитные тела — см. *Магнитная поляризация*.

Диапазон — область изменения какой-либо величины. Например, Д. приемника — область длин волн (или частот), в пределах которой может изменяться настройка приемника. Д. громкости — область, в пределах которой может изменяться громкость звуков при передаче какого-либо музыкального произведения и т. п.

Диапазонный приемник — приемник, который можно настроить на любую длину волны в пределах более или менее широкого диапазона волн (в отличие от приемника с фиксированной настройкой на одну определенную волну).

Диафрагма — часть механической колебательной системы *микрофона*, предназначенная для воздействия звуковых волн на его подвижную систему. В результате этого осуществляется колебательное движение подвижной системы, преобразуемое в соответствующие изменения электрического напряжения. Д. применяется также в *рупорных громкоговорителях* для возбуждения *звуковых колебаний* в *рупоре*.

Дизъюнкция — *логическая функция «ИЛИ»* двух логических переменных.

Диктофон — специализированный *магнитофон*, предназначенный для записи речи с целью последующей буквенной перезаписи ее от руки или на пишущей машинке. Для облегчения этого Д. имеет дистанционное управление и ряд конструктивных особенностей, позволяющих воспроизводить запись короткими частями, а при необходимости и повторять воспроизведение.

Динамик — то же, что *электродинамический громкоговоритель*.

Динамическая емкость (в электронной лампе) — *междуэлектродная емкость*, определяемая по величине емкостного тока между электродами лампы, возникающего при наличии на них высокочастотного напряжения. Под влиянием этого переменного напряжения электроны, находящиеся между электродами лампы, совершают колебания, которые наводят переменные заряды на электродах, а значит, и переменный ток во внешней цепи, включенной между электродами. *Реактивная составляющая* этого тока накладывается на тот емкостный ток, который протекает во внешней цепи вследствие наличия статической («обычной») емкости между электродами, изменяет его величину и тем самым изменяет величину междуэлектродной емкости по сравнению со статической. Эта измененная емкость и называется Д. е. Так как амплитуда и фаза

колебаний электронов, а значит, и наводимых на электродах зарядов зависят от частоты напряжения на электродах, то Д. е. зависит от частоты напряжения, подводимого к электродам лампы.

Динамическая емкость антенны — величина, характеризующая ту роль, которую играет *распределенная емкость* антенны при том или другом типе колебаний в ней. Так как колебания в антеннах обычно связаны с возникновением *стоячих электромагнитных волн*, то напряжение в разных точках антенны оказывается различным. Вместе с тем и влияние распределенной емкости в разных точках антенны также различно. Эта емкость играет большую роль в тех участках антенны, где напряжения велики, т. е. вблизи пучностей напряжения, и малую роль в тех участках антенны, где напряжения малы, т. е. вблизи узлов напряжения. В результате этого влияние распределенной емкости оказывается меньшим, чем в случае, если бы напряжение во всех точках антенны было одинаково и равно напряжению в пучности. Это уменьшение влияния емкости можно учесть, введя вместо полной распределенной емкости антенны некоторую меньшую емкость, которая и называется Д. е. а. Полную распределенную емкость в отличие от Д. е. а. часто называют статической емкостью антенны. Так как распределение напряжений в стоячей волне, возбуждаемой в антенне, зависит от частоты питающей антенну э. д. с., то и значение Д. е. а. зависит от частоты этой э. д. с.

Динамическая индуктивность антенны — величина, характеризующая ту роль, которую играет *распределенная индуктивность* антенны при том или другом типе колебаний в ней. Так как колебания в антеннах обычно связаны с возникновением *стоячих электромагнитных волн*, то величина тока в разных точках антенны оказывается различной. Вследствие этого и влияние распределенной индуктивности в разных точках антенны различно. Индуктивность играет большую роль в тех участках антенны, где ток велик, т. е. вблизи пучностей тока, и малую роль в тех участках антенны, где ток мал, т. е. вблизи узлов тока. В результате этого влияние распределенной индуктивности оказывается меньшим, чем в случае, если бы ток во всех точках антенны был одинаковым и равным току в пучности. Это уменьшение влияния индуктивности можно учесть, введя вместо полной распределенной индуктивности антенны некоторую меньшую индуктивность, которая и называется Д. и. а. Полную распределенную индуктивность в отличие от Д. и. а. часто называют статической индуктивностью антенны. Так как распределение тока в стоячей волне, возбуждаемой в антенне, зависит от частоты питающей антенну э. д. с., то и значение Д. и. а. зависит от частоты этой э. д. с.

Динамическая компенсация — одна из форм компенсационного метода измерений. Для Д. к. характерно изменение компенсирующей величины по линейному закону, а момент компенсации фиксируется выявительным *нуль-органом*. Схема Д. к. должна включать в себя источник компенсирующего напряжения, *схему сравнения* (включающую нуль-орган) и исполнительное устройство. Источник компенсирующего напряжения является генератором периодических линейно изменяющихся сигналов. Схема сравнения обычно строится на электронных или полупроводниковых элементах. В качестве нуль-органов могут служить чувствительные электромеханические или электронные реле. Исполнительные устройства в моменты получения сигналов о состоянии равновесия измеряемой и компенсирующей величин должны изме-

нять свое положение синхронно с изменением компенсирующей величины.

Широкое распространение получают устройства Д. к. для преобразования непрерывных величин в дискретные. В дискретных системах Д. к. компенсирующая величина нарастает по ступенчатому закону за счет комбинирования закодированных в дискретной форме сигналов. В качестве источников закодированных сигналов используются двоичные счетчики, которые циклически набирают кодовые комбинации, пробегая все N заданных чисел, управляя при этом ключами. В момент уравновешивания нуль-орган выдает импульс команды считывания чисел, записанных в счетчике, либо прекращает выдачу счетных импульсов.

Точность систем Д. к. определяется главным образом погрешностями схемы сравнения. Всякая схема сравнения представляет собой сочетание ограничителя с усилителем-ограничителем. Первый, в зависимости от измеряемой величины, выделяет определенную часть кривой компенсирующего напряжения, а второй усиливает начальную часть измеренной величины и вторично ограничивает, превращая ее таким образом в перепад напряжения.

В качестве усилителя-ограничителя используют как обычный анодно-сеточный усилитель-ограничитель, так и *спусковые схемы*. Схема сравнения должна обеспечивать стабильность момента сравнения и совпадение с ним момента выработки выходного перепада напряжения. Этот момент должен однозначно определяться измеряемым напряжением и не должен зависеть от любых других причин (нестабильности напряжения источников питания, старения ламп и т. д.). Системы Д. к. дают возможность одновременного измерения ряда последовательно или параллельно включенных величин и воспроизведения величин на любом расстоянии при помощи синхронных разверток.

Динамическая точность — характеристика, определяемая разностью между заданным и действительным значениями регулируемой величины автоматических систем в переходных режимах. Методы оценки Д. т. автоматических систем разнообразны и зависят от характера входных воздействий. Так, например, при действии на входе автоматической системы медленно изменяющихся детерминированных воздействий, имеющих некоторое число производных, оценка Д. т. осуществляется посредством коэффициентов ошибок.

Динамическая ошибка может быть представлена в виде ряда

$$\varepsilon(t) = C_0 \theta_{\text{вх}}(t) + C_1 \theta_{\text{вх}}(t) + \frac{C_2}{2!}\theta_{\text{вх}}(t) + \ldots + \frac{C_{m-1}}{(m-1)!}\theta^{m-1}(t),$$

где C_0, C_1, C_2,... — коэффициенты ошибок; $\theta_{\text{вх}}(t)$, $\theta_{\text{вх}}(t)$, $\theta_{\text{вх}}(t)$ — входное воздействие и его производные.

Коэффициенты ошибок однозначно определяются *передаточной функцией* линейной автоматической системы и имеют определенный физический смысл. Так, например, нулевой коэффициент ошибки (C_0 определяет погрешность системы в установившемся режиме; первый коэффициент (C_1) определяет погрешность системы при входном сигнале, изменяющемся с постоянной скоростью; второй коэффициент ошибки определяет погрешность при действии входного сигнала, изменяющегося с постоянным ускорением, и т. д.

При действии на входе системы непрерывных или дискретных случайных возмущений понятие о переходных режимах в значительной степени теряет смысл. В таких

режимах погрешность становится случайной функцией времени и оценка Д. т. будет иметь статистический характер.

Во многих случаях Д. т. оценивают при помощи среднеквадратического значения ошибки, под которой подразумевают корень квадратный из величины

$$\bar{\varepsilon}^2 = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} [\theta_{вх}(t) - \theta_{вых}(t)]^2\, dt,$$

где $\theta_{вых}(t)$ — выходное отклонение.

Оптимальными условиями работы автоматической системы, находящейся под действием случайных возмущений, являются такие, при которых величина среднеквадратической ошибки минимальна.

Динамические параметры электронной лампы — *параметры электронной лампы*, характеризующие ее вместе с определенным нагрузочным сопротивлением; иногда называются рабочими параметрами.

Динамическая крутизна (крутизна динамической характеристики)

$$S_д = \frac{\Delta I_а}{\Delta U_{g1}} \text{ при } E_a = \text{const и } R_н = \text{const};$$

здесь ΔU_{g1} — приращение напряжения на управляющей сетке;

$\Delta I_а$ — соответствующее этому приращению приращение анодного тока;

$E_а$ — напряжение источника питания анодной цепи;

$R_н$ — сопротивление нагрузки в анодной цепи.

Со статической *крутизной характеристики электронной лампы* динамическая крутизна связана выражением

$$S_д = S \frac{1}{1 + \frac{R_н}{R_i}},$$

где S — статическая крутизна;

R_i — *внутреннее сопротивление электронной лампы.*

Динамическим коэффициентом усиления (*коэффициентом усиления каскада*) называется отношение амплитуды выходного напряжения (переменного напряжения на нагрузочном сопротивлении $R_н$) к амплитуде входного напряжения:

$$k = \frac{I_{am} R_н}{U_{gm1}}.$$

Амплитуда переменной составляющей анодного тока I_{am} и амплитуда переменного напряжения на управляющей сетке U_{gm1} могут быть представлены как приращения $\Delta I_а$ и ΔU_{g1} и, следовательно,

$$k = \frac{\Delta I_а}{\Delta U_{g1}} R_н = S_д R_н.$$

Динамический коэффициент усиления связан со статическим *коэффициентом усиления электронной лампы* выражением

$$k = \mu \frac{1}{1 + \frac{R_i}{R_н}},$$

где μ — коэффициент усиления электронной лампы.

Если сопротивление нагрузки $R_н$ изменять от нуля (режим короткого замыкания) до бесконечности (режим холостого хода), то $S_д$ изменяется соответственно от значения S до нуля, а k — от нуля до значения μ.

В режиме отдачи максимальной мощности ($R_н = R_i$)

$$S_д = \frac{1}{2} S; \quad k = \frac{1}{2}\mu.$$

Динамические характеристики электронной лампы — графики зависимости анодного тока электронной лампы от напряжения на сетке при наличии сопротивления на-

грузки в анодной цепи (сеточные Д. х. э. л.). Называются так в отличие от *статической сеточной характеристики*, которая выражает ту же зависимость в отсутствии сопротивления анодной нагрузки, т. е. при постоянном напряжении на аноде. Сопротивление анодной нагрузки вызывает появление *анодной реакции*. При увеличении анодного тока увеличивается падение напряжения на этом сопротивлении и соответственно уменьшается напряжение на аноде. Вследствие этого анодный ток возрастает на меньшую величину, чем в статическом режиме, т. е. при постоянном напряжении на аноде. Крутизна Д. х. э. л. оказывается меньше, чем крутизна статической характеристики той же лампы, и тем меньше, чем больше сопротивление анодной нагрузки.

Помимо сеточных Д. х. э. л., широко используются и анодные Д х. э. л.

Динамический громкоговоритель — см. *Электродинамический громкоговоритель*.

Динамический диапазон — выраженное в *децибелах* отношение самого большого динамического *уровня* звукового или электрического сигнала к самому малому. Д д. является одной из основных технических характеристик *сигнала вещательной передачи*.

Сигнал вещательной передачи является случайным процессом. Каждому уровню соответствует та или иная вероятность его возникновения. Квазимаксимальным уровнем называется уровень, вероятность превышения которого наперед задана и достаточно мала. Квазиминимальным уровнем называется уровень, вероятность превышения которого также наперед задана и достаточно велика. Во многих технических расчетах вероятность превышения квазимаксимального и квазиминимального уровней принимается равной соответственно 1 и 99%.

Выраженное в *децибелах* отношение квазимаксимального уровня к квазиминимальному называется Д д. сигнала вещательной передачи. Этот диапазон, конечно, зависит от вида передаваемой программы. В симфоническом оркестре наименьшую звуковую мощность (приблизительно равную 6 *мквт*) излучает скрипка при очень тихом исполнении.

Наибольшая мощность, излучаемая всем оркестром при очень громком исполнении, приблизительно составляет 60 *вт*.

Следовательно, Д. д. оркестра

$$D = 10 \lg \frac{60}{6 \cdot 10^{-6}} = 70 \text{ дб}.$$

Вероятность превышения этой величины соответствует указанной выше.

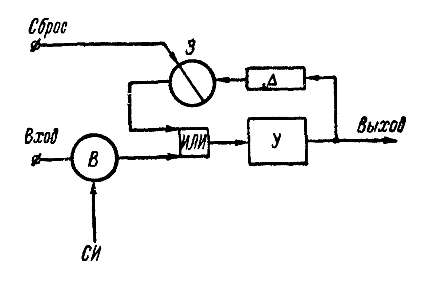
Д. д. речи при исполнении литературно-драматических программ достигает 50 *дб*; речи диктора — 35 *дб*. При проведении радиовещательной передачи большие уровни могут вызвать перегрузку аппаратуры и искажения. Кроме того, передача больших уровней (по напряжению) может привести к влиянию линии передачи на другие линии связи. Наконец, акустическое воспроизведение больших уровней в жилом помещении может создать слышимость в соседних помещениях. По этим причинам приходится соответствующими техническими средствами понижать чрезмерно большие уровни передаваемых сигналов. Чрезмерно малые уровни приходится повышать, так как они могут быть замаскированы шумовыми *помехами* системы передачи или помещения прослушивания.

Радиовещательная передача имеет Д. д. не превышающий 40 *дб*. При наличии больших уровней шумов Д. д. передаваемых сигналов сокращается до 20 *дб*.

В системах *вещания* и *звукозаписи* сокращение Д. д. передаваемых сигналов производится специаль-

ными ручными регуляторами — *аттенюаторами* и автоматическими регуляторами — *усилителем-сжимателем* или *усилителем-ограничителем*.

Динамический триггер — электронная схема для запоминания «0» или «1», когда «1» представлена наличием импульсов, а «0» — их отсутствием. Д. т. является основным блоком для построения логики некоторых *цифровых вычислительных машин* последовательного или последовательно-параллельного действия.



Принцип действия Д. т. поясняется рис., на котором обозначены:

СИ — синхронизирующие (тактовые) импульсы;
Δ — элемент задержки на один такт;
У — усилитель;
З — схема запрета;
В — вентиль.

В исходном состоянии в цепи регенерации импульсы отсутствуют, и Д. т. имеет состояние «0». При поступлении на вход импульса «1» начинает работать цепь регенерации, поскольку на схему *З* не подаются импульсы запрета. Чтобы установить Д. т. в состояние «0», необходимо на вход «Сброс» подать импульс установки на «0». Тогда схема запрета *З* прервет регенеративный процесс в Д. т.

Динамическое программирование — метод решения вариационных задач на основе многошаговых процессов решения. При этом рассматривают, главным образом, объекты или сложные системы управления, которые с течением времени подвергаются изменениям детерминированного или случайного характера. Математически это означает, что описывающие систему переменные подвергаются некоторым преобразованиям. Выбор преобразования переменных и процесс решения считаются эквивалентными. Если необходимо принять одно решение, то процесс называется одношаговым. Если следует принять некоторую последовательность решений, то говорят о многошаговых процессах решения.

Явное решение задач при помощи метода Д. п. обычно имеет очень громоздкий и сложный характер, поэтому основное внимание уделяется численным методам решения и изучения свойств структур решения, которые могут быть использованы для сокращения вычислений.

Методы Д. п. применимы к задачам оптимального управления в технике, экономике и т. д. Трудность задач, связанных с многошаговыми процессами, состоит в том, что необходимо определять большое число взаимосвязанных параметров, относящихся к различным шагам.

Поэтому при использовании методов Д. п. стремятся свести одну сложную вариационную задачу к большому числу более простых задач на экстремум.

В основе метода Д. п. лежит принцип оптимальности, сформулированный Р. Беллманом, для широкого круга систем, будущее поведение которых полностью или статистически определяется их состоянием в настоящем и не зависит от поведения системы в прошлом, коль скоро система находится в данный момент в данном состоянии. Если управление процессом является оптимальным на первом шаге, то оно будет оптимальным

и для процесса, остающегося после осуществления первого шага.

Методы Д. п. в основном применяются в области дискретнонепрерывных либо дискретных оптимальных систем управления, либо систем приближенно к ним приводимых. Обычный прием, применяемый при решении, состоит в «попятном» движении от конца процесса к началу. Управление процессом заключается в том, что на каждом шаге выбирается параметр управления и процесс переходит в новое состояние, функционально зависящее от конечного состояния. Одна из особенностей Д. п. состоит в возможности замены минимизации сложной функции многих переменных последовательностью минимизаций. В каждом из процессов минимизации определяется минимум значительно менее сложной функции одного или нескольких переменных. Поэтому методы Д. п. позволяют решать многие задачи оптимального управления, которые неразрешимы методами прямой минимизации. Методы Д.п. требуют вычисления и запоминания на каждом этапе значений ряда функций нескольких переменных. Запоминание таких функций для большого числа переменных требует огромного объема памяти вычислительных машин и в сложных случаях практически достижимо лишь при помощи каких-либо аппроксимаций.

Динатронный генератор (динатрон) — генератор незатухающих колебаний, в котором колебания поддерживаются за счет *отрицательного сопротивления* участка катод — анод электронной лампы, работающей в режиме *динатронного эффекта*, т. е. при более высоком положительном напряжении на сетке, чем на аноде. Вследствие вторичной эмиссии при увеличении напряжения на аноде резко возрастает число вторичных электронов, которые вылетают из анода и притягиваются сеткой. В результате анодный ток уменьшается, а это и означает, что участок катод — анод лампы, работающей в таком режиме, представляет собой отрицательное сопротивление.

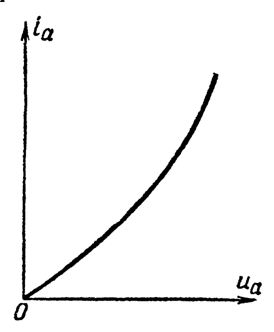
Динатронный эффект — возникновение тока вторичных электронов в электронных приборах вследствие *вторичной эмиссии.* Если в электронной лампе происходит вторичная эмиссия с анода, а сетка находится под более высоким положительным напряжением, чем анод, то вторичные электроны, вылетающие из анода, притягиваются сеткой. Возникает ток электронов, направленный от анода к сетке. Этот ток уменьшает анодный ток, искажает анодные характеристики и нарушает нормальную работу лампы. Все это и характерно для Д. э. Условия, благоприятствующие возникновению Д. э., часто наблюдаются в *тетродах.* Когда при работе лампы напряжение на аноде тетрода изменяется (вследствие изменения падения напряжения на сопротивлении анодной нагрузки) и становится ниже, чем напряжение на экранной сетке, то возникает Д. э. Для устранения Д. э. принимают специальные меры, в частности вводят в лампу специальную *защитную сетку.*

Динод — электрод в фотоэлектронном умножителе, покрытый слоем, обладающим высоким коэффициентом *вторичной электронной эмиссии.*

Диод — *электронная лампа* с двумя электродами — накаленным катодом и анодом. Вследствие того, что электроны, испускаемые катодом, притягиваются к аноду только при положительном напряжении на нем, Д. обладает односторонней проводимостью, т. е. характеристика анодного тока Д. вся лежит в области положительных напряжений на аноде (см. рис.). Поэтому Д. могут служить для целей выпрямления переменного тока и *детектирования.*

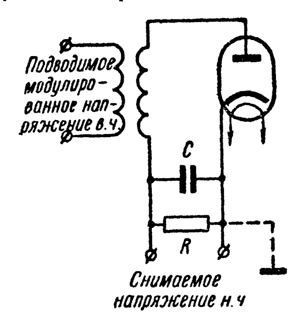
Д., предназначенные для выпрямления переменного тока, должны давать достаточно сильный анодный ток и допускать рассеивание на аноде значительной мощности. Такие Д. получили название *кенотронов*.

Д., применяемые для детектирования и некоторых других целей в приемной и измерительной аппаратуре, должны давать малый



анодный ток и рассеивать незначительные мощности. Они делаются миниатюрными. За счет этого уменьшаются *междуэлектродные емкости* и требуемое анодное напряжение. Эти Д. применяют для детектирования колебаний высокой частоты и для ряда других целей, например в качестве *ограничителей*. Д. для приемной аппаратуры часто объединяются с другими лампами в одном баллоне. Существуют, например, двойной Д. для детектирования и *автоматической регулировки усиления* или двухтактного детектирования, Д. — триод, Д. — пентод, двойной Д.— триод — для детектирования и усиления и т. д. В настоящее время широкое применение получили также *полупроводниковые Д.*

Диодное детектирование — *детектирование* с помощью *диода*. Если к аноду диода подвести переменное напряжение, то возникнет пульсирующий анодный ток и будет происходить детектирование. На сопротивлении R, включенном последовательно в анодную цепь диода (см. рис.), возникают постоянное напряжение и переменное напряжение, соответствующее закону изменения амплитуды подводимых колебаний высокой частоты. Небольшая емкость C, шунтирующая сопротивление R, имеет



малое сопротивление для высокочастотных токов. Эта емкость значительно уменьшает падение напряжения высокой частоты на сопротивлении R. Диодный детектор эффективно работает при подводимых напряжениях не менее 1 *в*, поэтому он применяется в случаях, когда напряжение подводимых сигналов уже достаточно велико, например для детектирования колебаний промежуточной частоты в супергетеродинах.

Диодный вольтметр — *вольтметр*, в котором подлежащее измерению переменное напряжение выпрямляется *ламповым диодом* или *полупроводниковым диодом* и по величине постоянной составляющей тока диода определяется величина подводимого напряжения.

Диполь — буквально система из двух разноименных зарядов одинаковой величины. В антенной технике Д. называется *симметричный вибратор*, т. е. два одинаковых прямолинейных проводника, служащих один продолжением другого и симметрично присоединенных к передатчику или приемнику. В обеих половинах Д. в каждый

момент ток направлен в одну и ту же сторону, а заряды имеют противоположные знаки. Общая длина Д. часто выбирается равной половине длины применяемой волны (см. *Полуволновый вибратор*).

Директор — *пассивный диполь*, расположенный впереди активного диполя, к которому присоединяется передатчик или приемник. Назначение Д., как и всякого пассивного диполя, состоит в изменении формы *диаграммы направленности*. Д. направляет вперед излучение активного диполя или направляет на активный диполь падающие на него спереди волны. Таким образом, Д. служит для усиления направленных свойств антенны. Иногда для этой цели применяют несколько Д.

Дисковые выводы — выводы электронных ламп, специально предназначенных для работы на сверхвысоких частотах, выполненные в виде плоских дисков или колец (кольцевые выводы), охватывающие кругом баллон лампы. В ламповых генераторах или усилительных каскадах резонансного типа при работе на сверхвысоких частотах зачастую применяют в качестве колебательных контуров отрезки короткозамкнутых *коаксиальных линий* или *объемные резонаторы*. Присоединение этих контуров к лампам обычными проводниками невозможно, а поэтому необходимо применять такой способ соединения, при котором лампа как бы входила со своими электродами в колебательную систему. Для этой цели очень удобны лампы с Д. в. Одной из конструкций ламп с Д. в. является маячковая лампа, к ним относятся также и *металлокерамические лампы*.

Дискретные автоматические системы — системы, у которых в некоторой части управляющие сигналы представляют собой последовательность импульсов, промодулированных или квантованных различным образом. В зависимости от способа квантования Д. а. с. делятся на релейные системы с квантованием по уровню, импульсные системы с квантованием по времени, цифровые или кодовые системы с квантованием и по уровню и по времени.

В релейных системах квантование по уровню осуществляется релейным элементом. Выходная величина релейного элемента может принимать конечное число фиксированных уровней (два или три).

В импульсных системах квантование по времени осуществляется импульсным модулятором, на выходе которого действует последовательность модулированных импульсов.

В цифровых или кодовых Д. а. с. квантование по уровню и по времени осуществляется цифровым вычислительным устройством или импульсно-кодовым модулятором.

В зависимости от вида модуляции различают импульсные элементы с амплитудно-, широтно- и время-*импульсной модуляцией*.

Для задач *автоматического управления* наибольший интерес представляют замкнутые Д. а. с. с *обратными связями*, к которым относятся *счетно-решающие устройства*, дискретные *следящие системы* и т. д. Цифровыми Д. а. с. называют замкнутые системы, у которых управляющие сигналы выражаются в числовом коде (например, двоичном) для использования в *цифровых вычислительных машинах*, применяемых в системе для обработки информации.

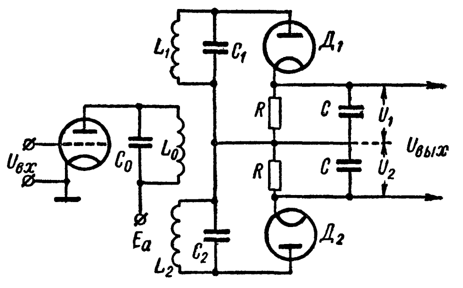
Цифровая Д. а. с., кроме вычислительного устройства, должна содержать также два преобразователя непрерывных величин в цифровые и цифровых в непрерывные (см. *Преобразователи информации*). Преобразователи служат для сопряжения непрерывных и цифровых частей системы. В отличие от непрерывных автоматических систем, у цифровых осуществляется три дополнительные операции:

кодирование сигналов на входе вычислительной машины, программирование или обработка цифровой информации и декодирование на выходе вычислительной машины.

Применение цифровых вычислительных устройств в Д. а. с. обеспечивает большую гибкость и универсальность, которыми не обладают непрерывные системы. Так, например, у цифровых Д. а. с. можно производить разделение во времени работы отдельных элементов замкнутой системы, что дает возможность использовать один и тот же элемент системы для выполнения нескольких функций. Передача информации в виде цифрового кода обеспечивает высокую помехоустойчивость и точность. Единственной погрешностью при передаче сигналов с цифровым кодом является погрешность квантования.

Дискретный сигнал — см. *Теория информации.*

Дискриминатор — устройство, преобразующее изменения различных параметров электрического



сигнала в изменения напряжения. Работа Д. основана на сравнении сигнала по преобразуемому параметру с некоторым стандартным сигналом. Таким образом, напряжение на выходе Д. пропорционально разности значений параметра двух сигналов. Ввиду этого Д. часто используются для измерения разности амплитуд двух сигналов, разности фаз и т. п.

В качестве амплитудного Д. используется *дифференциальный усилитель.*

Одна из схем частотного Д. изображена на рис. Контур L_0C_0 настроен на ту частоту f_0, отклонения от которой должны быть измерены. Контуры L_1C_1 и L_2C_2 настроены соответственно на частоты f_1 и f_2, из которых одна, например f_1, больше, а другая f_2 меньше f_0 на одну и ту же величину. Пока частота подводимых колебаний равна f_0, колебания в контурах L_1C_1 и L_2C_2 равны по амплитуде, и напряжения U_1 и U_2, даваемые диодными детекторами $Д_1$ и $Д_2$, равны по величине, вследствие чего $U_{вых} = 0$. Если частота отклоняется от f_0, то амплитуды колебаний в контурах изменяются в противоположные стороны. В том контуре, к настройке которого частота сигнала приблизилась, амплитуда возрастает, и, наоборот, в контуре, от настройки которого частота сигнала удалилась, амплитуда падает. Вследствие этого появляется напряжение на выходе Д., причем $U_{вых}$ получается различного знака при уходе частоты сигнала в разные стороны от f_0, и величина $U_{вых}$ в известных пределах оказывается пропорциональной отклонению частоты.

Частотные Д. применяются в системах *автоматической подстройки частоты*, в качестве *частотных детекторов* и т. д.

Дисперсия волн — зависимость скорости распространения волн от частоты (или длины волны). Скорости распространения *электромагнитных волн* в какой-либо среде и в вакууме различны вследствие присутствия в среде электрических зарядов, в первую очередь электронов. Под действием электрического поля электромагнитной волны электроны совершают *вынужденные колебания*. Их частота совпадает с частотой приходящей

волны, а амплитуда и фаза зависят от соотношения между этой частотой и собственными частотами колебаний электронов среды. Колеблющиеся электроны среды излучают вторичные электромагнитные волны, которые складываются с приходящей волной. Возникает результирующая волна, у которой фаза в каждой точке пространства отличается от фазы приходящей волны в этой точке. Знак различия по фазе зависит от знака сдвига фаз между приходящей волной и вынужденными колебаниями электронов. Когда фаза вынужденных колебаний электронов совпадает по фазе с приходящей волной, то длина волны и фазовая скорость в среде уменьшаются. Наоборот, когда фаза вынужденных колебаний электронов противоположна по фазе приходящей волне, то длина волны и фазовая скорость в среде больше, чем в вакууме.

Частота радиоволн (за исключением самых коротких) всегда меньше, чем частота собственных колебаний электронов диэлектрика. Поэтому фаза вынужденных колебаний электронов совпадает с фазой приходящей волны, т. е. имеет место первый из рассмотренных выше случаев — фазовая скорость радиоволн в диэлектрике всегда меньше, чем в вакууме. Чем слабее связи, удерживающие электроны на своих местах, тем ниже частота их собственных колебаний. Если электроны среды не удерживаются в определенных положениях упругими силами, как в диэлектрике, а являются свободными, то частота их собственных колебаний обращается в нуль. Поэтому частота радиоволн всегда выше, чем собственная частота колебаний свободных электронов, вследствие чего вынужденные колебания электронов по фазе противоположны приходящей волне. В пространстве, содержащем свободные электроны, в частности в ионосфере, имеет место второй рассмотренный случай — фазовая скорость радиоволн больше, чем в вакууме.

Вследствие *инерции электронов* амплитуда вынужденных колебаний свободных электронов среды уменьшается с ростом частоты волн, а вместе с тем уменьшается и влияние вторичных волн на фазовую скорость волн в среде. А так как вторичные волны в этом случае увеличивают фазовую скорость в среде, то ослабление вторичных волн приводит к уменьшению фазовой скорости волн в среде. Следовательно, фазовая скорость в среде, содержащей свободные электроны, уменьшается с ростом частоты волны, т. е. имеет место Д. в. При этом в обоих рассмотренных случаях характер Д. в. одинаков — с увеличением частоты фазовая скорость уменьшается. В первом случае частота волны при своем увеличении приближается к собственной частоте электронов среды, амплитуда их вынужденных колебаний растет (как всегда при приближении к резонансу), вторичные волны усиливаются и все сильнее уменьшают фазовую скорость. Во втором случае увеличение частоты волны приводит к уменьшению амплитуды колебаний. Вторичные волны становятся слабее, что приводит к уменьшению фазовой скорости.

Таким образом, пока частота волны не слишком близка к частоте собственных колебаний электронов среды, характер Д. в. всегда таков, что фазовая скорость уменьшается с увеличением частоты. Эта зависимость фазовой скорости от частоты волн называется нормальной Д. в. Когда частота волны приближается к собственной частоте колебаний электронов среды (т. е. вблизи резонанса), картина осложняется. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний резко изменяются при изменении частоты волны, и фазовая скорость растет с увеличением частоты. Подобная зависи-

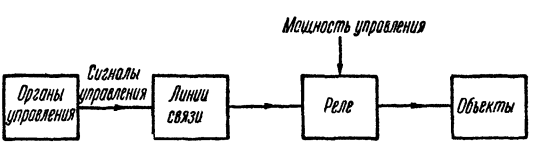
мость фазовой скорости от частоты называется аномальной Д. в. Явление Д. в. играет большую роль при распространении радиоволн в ионосфере.

Диссектор — передающая телевизионная трубка мгновенного действия. Д. представляет собой электронно-оптический преобразователь, в котором электронное изображение проектируется не на люминофор, а на экран с небольшим калиброванным отверстием в его центре, равным элементу развертки. Позади экрана против отверстия размещается фотоэлектронный умножитель, усиливающий электронный поток, проходящий сквозь отверстие. *Развертка* осуществляется с помощью пилообразно изменяющегося магнитного или электрического поля, перемещающего все электронное изображение мимо отверстия. Таким путем на выходе фотоэлектронного умножителя образуется сигнал изображения. Д. обладает низкой чувствительностью. Но в ряде задач, не требующих высокой чувствительности и большого числа *строк*, Д. обладает существенными преимуществами: линейностью световой характеристики в широких пределах, ровным фоном, мгновенностью включения (нет подогревного катода электронного прожектора) и большим сроком службы.

Дистанционное управление — методы и устройства для управления на расстоянии при помощи маломощных управляющих сигналов различными объектами. Для этого необходима энергия или мощность, во много раз превосходящая мощность управляющих сигналов. Передача управляющих сигналов в системах Д. у. осуществляется по различным линиям связи, а управление мощностью — при помощи реле (см. рис.). Реле и источники мощности управления располагаются непосредственно у объектов.

Наибольшее применение Д. у. получило для управления сосредоточенными объектами. Недостаток систем Д. у. состоит в том, что для посылки каждой команды управления выделяется самостоятельный канал связи. Число команд управления, которое можно передать при помощи данной системы каналов связи, называется емкостью системы Д. у.

Системы Д. у. обладают высоким быстродействием, определяемым временами срабатывания реле. Предельная простота структурных схем, малое число аппаратных элементов и однотактность действия делают системы Д. у. высоконадежными. Оптимальные протяженности линий связи составляют обычно 2—4 *км* при среднем числе объектов 20—30. В качестве реле управления и сигнализации применяют телефонные нейтральные реле, а также миниатюрные реле. Системы Д. у. разделяются в зависимости от числа проводов, необходимых для управления отдельным объектом. Обычно применяют одно- и двухпроводные системы. В первом случае передача команд осуществляется по одному проводу. Во втором случае возможны две основные структуры: а) отдельный провод используется для передачи команд только в одном направлении (от органов управления к объекту и наоборот); б) соединительные провода разделяются по позициям объекта (сигналы каждой позиции передаются в прямом и обратном направлениях по своему проводу).



Дифференциальное сопротивление — характеристика нелинейного сопротивления (*варистора*), равная отношению малого приращения напряжения ΔU на варисторе к вызвавшему это приращение (или к обусловленному им) изменению тока ΔI:

$$R_{д} = \frac{\Delta U}{\Delta I}.$$

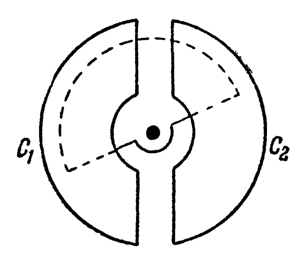
В общем случае Д. с. зависит от исходного значения тока и не равно сопротивлению варистора для постоянного тока, которое определяется по формуле *закона Ома*. Д. с. может быть и меньше и больше, чем сопротивление постоянному току, а у некоторых варисторов (например, у *туннельных диодов*) при определенных напряжениях становится отрицательной величиной. Если варистор находится в цепи пульсирующего тока, причем переменная составляющая тока достаточно мала, а ее частота не слишком высока, то оказываемое варистором сопротивление такой переменной составляющей равно Д. с. В некоторых случаях Д. с. не вполне правильно называют динамическим сопротивлением (например, у стабилитронов).

Дифференциальный анализатор — специализированная вычислительная машина для решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Обычно под Д. а. понимают *моделирующую вычислительную машину* для решения линейных или нелинейных дифференциальных уравнений. Основным блоком Д. а. является *интегрирующее устройство* или, сокращенно, интегратор. Кроме интеграторов, в Д. а. применяются *суммирующие устройства*, масштабные блоки и функциональные преобразователи. Структурная схема для решения конкретного дифференциального уравнения на Д. а. составляется по математической записи этого уравнения с заранее подобранными масштабными множителями. Кроме перечисленных выше устройств и блоков, в состав Д. а. входят входные и выходные устройства и ряд дополнительных устройств, служащих для коммутации блоков или для расширения диапазонов изменения аргументов. Программирование работы Д. а. осуществляется, как правило, вручную — путем выполнения электрических коммутаций на панели управления.

Д. а. разделяются на три типа: механические, электромеханические и электронные. В настоящее время используются исключительно электронные Д. а. (ламповые или транзисторные).

Один из первых механических Д. а. был построен в России акад. А. Н. Крыловым. См. также *Цифровой дифференциальный анализатор.*

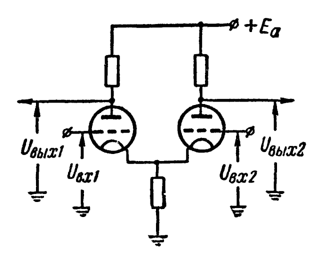
Дифференциальный конденсатор — *конденсатор* переменной емкости с двумя статорами (системами неподвижных пластин) и одним



ротором (системой подвижных пластин), представляющих собой два переменных конденсатора C_1 и C_2 (см. рис.), изменение емкости которых при вращении ротора происходит в разные стороны, причем общая емкость включенных параллельно конденсаторов остается неизменной. Д. к. обычно применяется в качестве емкостного делителя напряжений в тех случаях, когда требуется плавно изменять величину переменного напряжения, снимаемого с одного из конденсаторов, и при этом не изменять общего емкостного сопротивления всего делителя.

Дифференциальный трансформатор — *трансформатор* с двумя первичными обмотками, включенными навстречу, вследствие чего э. д. с. во вторичной обмотке возникает только при разных величинах переменных магнитных потоков, создаваемых первичными обмотками. Д. т. применяются в некоторых измерительных устройствах, системах автоматического управления и т. п.

Дифференциальный усилитель — усилитель, сигнал на выходе которого пропорционален разности входных сигналов (усилитель разности). Пример схемы Д. у. приведен на рис. Выходное напряже-



ние $U_{\text{вых1}}$ находится здесь в противофазе с $U_{\text{вх1}}$ и в то же время в фазе с $U_{\text{вх2}}$. Следовательно, для мгновенных значений Δu переменных составляющих справедливо уравнение:

$$\Delta U_{\text{вых1}} = -k_1 \Delta U_{\text{вх1}} + k_2 \Delta U_{\text{вх2}},$$

где k_1 и k_2 — коэффициенты усиления по первому и второму входам.

При определенном выборе элементов схемы $k_2 \approx k_1$, и $\Delta U_{\text{вых1}}$ пропорционально $\Delta U_{\text{вх2}} - \Delta U_{\text{вх1}}$; аналогично — для второго выхода схемы. Второй выход служит для получения сигнала $U_{\text{вых2}}$, находящегося в противофазе с $U_{\text{вых1}}$. Д. у. используется в основном в измерительной и счетно-решающей технике.

Дифференцирование электрического сигнала — получение напряжения или тока, пропорционального производной (т. е. скорости изменения) входного напряжения или тока. В терминологии импульсных устройств дифференцированием (квазидифференцированием) называется получение импульсов относительно малой длительности, синфазных фронтам входных импульсов.

Дифференцирующая цепь — устройство, сигнал на выходе которого $U_{\text{вых}}$ приблизительно пропорционален скорости изменения входного сигнала $U_{\text{вх}}$. Роль Д. ц. может выполнять последовательная *RC*-цепь, выходом которой служит сопротивление (см. рис. *а*). Для выполнения математического дифференцирования *RC*-цепь такого вида, однако, не используется, вследствие большой ошибки, возникающей, когда скорости изменения $U_{\text{вх}}$ и $U_{\text{вых}}$ имеют один порядок.

Переходная характеристика Д.ц. (реакция на скачок входного напряжения амплитуды U_m) описывается выражением

$$U_{\text{вых}}(t) = U_m \left(1 - e^{-t/RC}_{(t \geq 0)}\right)$$

и иллюстрируется рис. *б*.

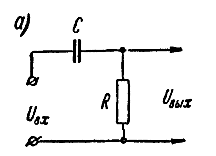
Обычно описанная *RC*-цепь называется дифференцирующей (квазидифференцирующей) по отношению к входным импульсам, если длительность $t_{\text{и}}$ последних и пауза $t_{\text{п}}$ между ними достаточны для завершения переходных процессов в цепи. Это имеет место, если в Д. ц. утроенная постоянная времени *RC* не превышает длительности импульсов и длительности паузы между ними:

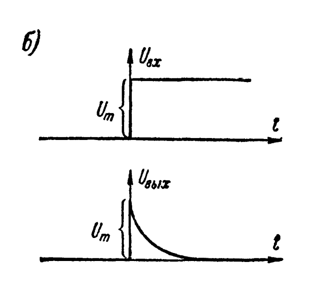
$$3RC \leq t_{\text{и}};\quad t_{\text{п}}. \qquad (1)$$

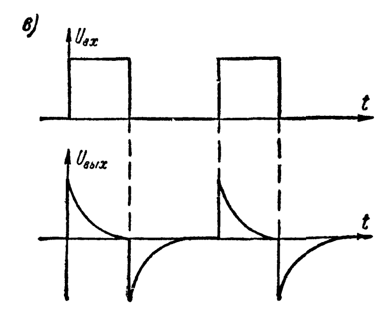
Основным параметром Д. ц. служит постоянная времени. При прямоугольной форме входного сигнала длительность выходных импульсов составляет 3*RC*.

На работу Д. ц. оказывает влияние и ряд посторонних факторов, из которых отметим форму фронта входного напряжения (всегда отличающегося от прямоугольной) и

выходную емкость C_0 (сумму емкостей нагрузки и монтажа). Увеличение C_0 и длительности $t_ф$ фронта понижает стабильность выходных импульсов, уменьшая их







амплитуду и увеличивая $t_и$. Влияние этих факторов устраняется при

$$RC \gg t_ф \text{ и } C \gg C_0. \qquad (2)$$

Из сравнения условий (1) и (2) видно, что применение Д. ц. возможно лишь для преобразования импульсов с короткими фронтами (относительно $t_и$ и $t_п$).

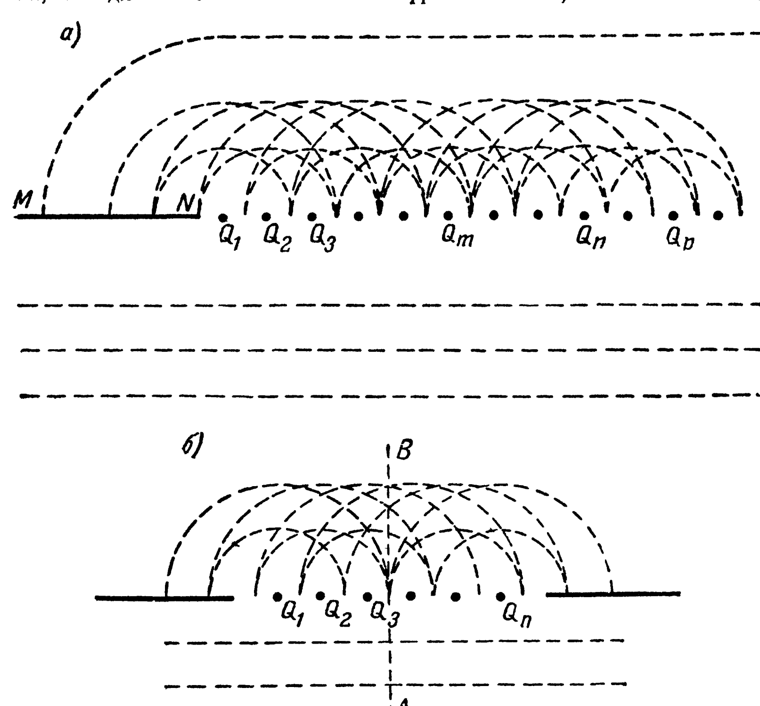
В полупроводниковых схемах Д. ц. нередко нагружается весьма малым входным сопротивлением того или иного устройства. Здесь в качестве выходного сигнала удобнее рассматривать ток через емкость, причем постоянная времени цепи определяется в основном выходным сопротивлением источника сигнала.

Главная область применения Д. ц. — преобразование прямоугольных импульсов в разнополярные экспоненциальные импульсы, синфазные фронтам входных (см. рис. *в*). Д. ц. является основным элементом большинства известных схем запуска *спусковых устройств*: *триггеров*, *мультивибраторов* и т. д.

Дифференцирующее устройство — узел или блок *моделирующей вычислительной машины*, реализующий операцию дифференцирования одной переменной величины (функции) по другой переменной величине (независимой переменной или аргументу). В качестве независимой переменной чаще всего выступает время. Д. у. разделяются на механические, электромеханические и электронные. Плоский фрикцион является наиболее широко используемым механическим Д. у. В электромеханических Д. у. операция дифференцирования выполняется с помощью тахогенератора — электрической машины, вырабатывающей напряжение, пропорциональное скорости вращения ротора. Электронные Д. у. строятся исключительно на использовании цепочек RC в комбинации с электронными усилителями. В электронных Д. у. можно реализовать операцию дифференцирования только по времени.

Дифракция волн — явления, возникающие при нарушении непрерывности *фронта волны* и приводящие к огибанию волнами препятствий, лежащих на пути распространения волн. Д. в. обусловлена тем, что при распространении волн в свободном пространстве не может существовать резкий «край волны», т. е. амплитуда волны вдоль ее фронта не может спадать до нуля на расстоянии порядка длины волны. Ес-

ли вследствие наличия каких-либо препятствий образуется такой резкий «край волны», то при распространении волны он быстро размывается, и на некотором расстоянии от препятствия амплитуда волны вдоль фронта падает уже плавно, на расстоянии значительно большем, чем длина волны.



Явления Д. в. могут быть объяснены с помощью принципа Гюйгенса — Френеля (см. *Гюйгенса принцип*). Пусть на пути распространения волны встречается препятствие, нарушающее непрерывность фронта волны, например непроницаемый для волн экран MN (см. рис. *а*). Тогда распространение *плоской волны* мимо экрана согласно принципу Гюйгенса можно рассматривать как результат сложения волн, излучаемых в одинаковой фазе и с одинаковой амплитудой воображаемыми точечными источниками Q_1, Q_2, Q_3,…,Q_p, расположенными на не закрытой экраном части фронта плоской волны. Так как воображаемые источники Q_1, Q_2, Q_3, расположенные на «краю фронта» волны, посылают волны во все стороны, то эти волны проникают влево за край экрана (в область тени), вследствие чего амплитуда волны в области тени спадает не резко, а постепенно. Вправо от края экрана амплитуда волны увеличивается также постепенно и при этом не монотонно. Она то возрастает, то убывает, стремясь к амплитуде приходящей плоской волны. Эта немонотонность обусловлена тем, что волны, идущие

во все стороны от излучателей $Q_1, Q_2, Q_3, \ldots$, попадают также и в ту область, где распространяется плоская волна, создаваемая излучателями $Q_m, Q_n, Q_p, \ldots$ Так как волны от первой и второй групп излучателей приходят в разные точки этой области с неодинаковой *разностью хода*, то в результате *интерференции волн* амплитуда волны в одних направлениях оказывается больше, а в других меньше.

Аналогично происходит распространение плоской волны через щель (см. рис. *б*). Воображаемые излучатели $Q_1, Q_2, \ldots, Q_n, \ldots$, расположенные на щели, дают результирующую волну, амплитуда которой имеет максимум в направлении распространения волны и убывает в обе стороны от этого направления. Если ширина щели во много раз больше длины волны, то амплитуда волны почти не убывает на всей ширине и только на краях спадает примерно так же, как при Д. в. от края экрана. Таким образом, после щели получается параллельный «пучок волн» с сечением, примерно равным отверстию щели. Для узкой щели шириной в несколькодлин волн амплитуда волны убывает в обе стороны от средней линии AB, но не монотонно: упав до нуля, она снова возрастает, снова падает до нуля и т. д. В этом случае вместо параллельного пучка волн с сечением, равным отверстию щели, получается несколько расходящихся пучков волн, идущих в разных направлениях. Наконец, в случае щели, ширина которой заметно меньше длины волны, амплитуда волны оказывается почти одинаковой во всех направлениях, т. е. получается широко расходящаяся волна. Отсюда видно, что получить параллельный пучок волн можно только с таким сечением, размеры которого велики по сравнению с длиной волны. Если же размеры сечения пучка сравнимы с длиной волны, то вследствие Д. в. получим пучок не параллельный, а расходящийся, и тем сильнее расходящийся, чем меньше выделенное сечение.

Явления Д. в. и, в частности, проникновение волн в область тени тем более заметны, чем длиннее волна. Поэтому при достаточно большой длине волны дифракция радиоволн делает возможной их проникновение в область, закрытую выпуклостью Земли, т. е. распространение за пределы прямой видимости. На ультракоротких волнах Д. в. выражена слабо, и поэтому они почти не огибают выпуклости Земли и даже отдельных препятствий, размеры которых значительно превышают длину волны.

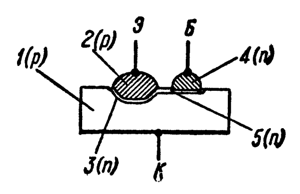
Диффузионная длина — среднее значение расстояния, преодолеваемого *неравновесными носителями* в полупроводнике за счет диффузии в течение их *времени жизни*. См. также *Диффузия носителей заряда*.

Диффузионная емкость — электрическая емкость полупроводникового диода или другого полупроводникового прибора, содержащего $p - n$ переход, обусловленная накоплением в толще полупроводника *неосновных носителей*. Избыточное количество неосновных носителей появляется в результате прохождения тока через $p - n$ переход и возрастает с увеличением этого тока. Однако при изменении тока общий заряд неосновных носителей изменяется с некоторым запозданием, зависящим от *времени жизни* этих носителей в данном материале, что придает $p - n$ переходу свойства, аналогичные электрической емкости. Величина Д. е. прямо пропорциональна току и возрастает с увеличением времени жизни.

В отличие от *барьерной емкости* Д. е. существенна главным образом при прямых токах через $p - n$ переход.

Диффузионно-сплавной транзистор — транзистор, изготовленный путем введения примесей с помощью процессов диффузии и сплавления.

Исходная пластинка монокристаллического полупроводника *1* (см. рис.) образует коллекторную область будущего транзистора. В эту пластинку вплавляется капля *2* сложного сплава, содержащего акцепторную и донорную примеси, в качестве которых выбираются вещества, обладающие различными скоростями диффузии (проникновения) в материал исходной пластинки. Выдерживая пластинку с



расплавленной каплей такого сплава при высокой температуре в течение определенного промежутка времени, добиваются диффузии примесей на нужную глубину. При этом образуется структура с двумя *p—n* переходами и переменной концентрацией примесей в средней области (базе *3*). Последнее обстоятельство придает движению носителей в области базы дрейфовый характер; таким образом, Д. т. по принципу действия является дрейфовым (см. *Дрейфовый транзистор*). От капли сложного сплава осуществляется вывод эмиттера, а от диффузионного базового слоя вывод делают путем вплавления еще одной капли *4* другого сплава в диффузионный соединительный слой *5*.

Метод диффузии примесей позволяет создавать очень тонкий базовый слой (около 1 *мк*), что наряду с дрейфовым механизмом движения неосновных носителей обеспечивает получение транзисторов, способных работать на очень высоких частотах (до 1000 *Мгц*).

Диффузионный транзистор — 1) транзистор, у которого движение неосновных носителей в области базы носит характер диффузионного процесса (см. *Диффузия носителей заряда*); у Д. т. вся область базы равномерно легирована примесью и обладает одинаковым удельным сопротивлением; к Д. т. относятся *сплавной* и *поверхностно-барьерный транзисторы*; 2) неудачное сокращенное название *диффузионно-сплавного транзистора*, который по принципу действия является не диффузионным, а дрейфовым.

Диффузия носителей заряда (в полупроводнике) — движение электронов и *дырок* из области, где их концентрация повышена по какой-либо причине, в области с пониженной их концентрацией, происходящее под действием тепловых колебаний кристаллической решетки в отсутствии электрического поля. Д. н. з. приводит к постепенному выравниванию концентрации как электронов, так и дырок по объему полупроводника после всякого нарушения их равномерного распределения. Д. н. з. ограничена в пространстве *диффузионной длиной* и во времени — *временем жизни неравновесных носителей*.

Диффузор — часть механической колебательной системы *громкоговорителя*, предназначенная для возбуждения звуковых волн в окружающем воздухе. Обычно Д. изготовляется из специальной бумаги и имеет гибкое крепление, позволяющее совершать колебательное движение в одном направлении.

Дихотомия — разделение на две части целого, затем деление пополам каждой из частей и т. д. Д. как прием деления классов давно известен в логике. Сейчас Д. широко используется в *кибернетике* при решении ряда логических и информационных задач. Еще из развлекательных задач логики известно, что Д. позволяет наибыстрейшим способом найти единственную фальшивую монету в большом количестве настоящих, отличающихся по весу. По существу тот же самый

прием используется в современных коммутационных, декодирующих, поисковых и других устройствах для подключения исполнительного элемента с помощью «дерева» контактов, выбора нужной ветви в контактной пирамиде, установления класса объекта по Д. признаков и т. д.

Диэлектрики — тела, не проводящие электрического тока, т. е. являющиеся изоляторами. Отсутствие электрической проводимости у Д. обусловлено тем, что в них электрические заряды разных знаков (электроны и ионы) прочно связаны между собой и поэтому не могут двигаться независимо, т. е. в Д. отсутствуют носители электрических зарядов. Под действием внешнего электрического поля в Д. происходит лишь некоторое смещение электрических зарядов, называемое *диэлектрической поляризацией*. Область применения тех или иных Д. определяется их механическими и электрическими свойствами. Из электрических свойств Д. наиболее важные — это электрическая прочность, т. е. способность выдерживать высокие электрические напряжения без пробоя, и отсутствие *диэлектрических потерь*, если изоляторы предназначены для применения в полях высокой частоты. Когда Д. применяются для заполнения промежутков между пластинами конденсаторов с целью увеличения их емкости и пробивного напряжения, то существенны не только указанные выше свойства Д., но и большая *диэлектрическая проницаемость*. Чем она выше, тем больше емкость конденсатора при тех же самых размерах.

Твердые Д. используются также в антенной технике (см. *Диэлектрические антенны* и *Диэлектрические линзы*).

Диэлектрическая восприимчивость (α) — величина, характеризующая способность диэлектрика к *диэлектрической поляризации*.

Вектор поляризации $\vec{P}$, определяющий степень поляризации диэлектрика, пропорционален *электрической индукции* $\varepsilon_0 E$, которую создает в вакууме электрическое поле E, вызывавшее поляризацию (ε_0 — диэлектрическая проницаемость вакуума в системе СИ), т. е.

$$\vec{P} = \alpha\varepsilon_0\vec{E}, \tag{1}$$

где α и есть Д. в. диэлектрика, величина, имеющая для данного диэлектрика при данных физических условиях постоянное значение, не зависящее от E (кроме *сегнетоэлектриков*).

Так как электрическая индукция в диэлектрике

$$\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}, \tag{2}$$

то, как следует из (1),

$$\vec{D} = (1 + \alpha)\,\varepsilon_0\vec{E}. \tag{3}$$

Учитывая соотношение между $\vec{D}$ и $\vec{E}$,

$$\vec{D} = \varepsilon\varepsilon_0 E, \tag{4}$$

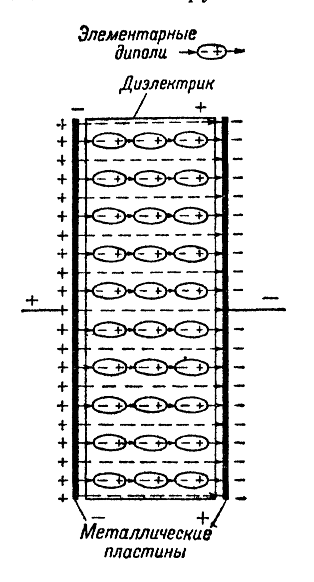
где ε — относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика, из (3) и (4) находим соотношение между ε и α:

$$\varepsilon = 1 + \alpha.$$

Диэлектрическая поляризация — изменение под действием внешнего электрического поля положения связанных между собой положительных и отрицательных зарядов диэлектрика. Д. п. в разных диэлектриках может иметь различный характер в зависимости от того, как расположены заряды в диэлектрике в отсутствие внешнего электрического поля.

Часто в отсутствие внешнего поля электроны и ионы в диэлектрике расположены так, что их электрические поля полностью компенсируют друг друга. В простейшей модели это соответствует тому, что электрон вращается по круговой орбите, в центре которой расположено ядро, имеющее положи-

тельный заряд, равный заряду электрона. Вращающийся по окружности электрон создает во внешнем пространстве такое же электрическое поле, как электрон, расположенный в центре этой окружности. Поэтому оба разноименных заряда как бы расположены в одной точке, и их электрические поля полностью компенсируются.



Под действием внешнего электрического поля происходит Д. п. — электроны и ионы смещаются в противоположные стороны, образуя так называемые *индуцированные диполи*, ориентированные по направлению поля (см. рис.). Когда диэлектрик помещен в однородное электрическое поле, поляризация диэлектрика также однородна. Так как диполи в диэлектрике расположены друг к другу разноименными зарядами, то эти заряды внутри него компенсируются. Только на поверхности диэлектрика остаются нескомпенсированные «поляризационные заряды». Электрическое поле этих зарядов направлено навстречу полю, вызвавшему поляризацию, и ослабляет его. Поэтому электрическое поле всякого заряда уменьшается, если этот заряд поместить в диэлектрик. Чем сильнее поляризуется диэлектрик, тем в большее число раз ослабляется в нем поле электрического заряда, тем больше *диэлектрическая проницаемость* данного диэлектрика.

В некоторых диэлектриках электроны и ионы в отсутствие внешнего электрического поля расположены так, что их поля не компенсируются и они образуют в диэлектрике не индуцированные, а постоянные диполи, причем эти диполи расположены хаотически. Под действием внешнего электрического поля часть диполей (тем бо́льшая, чем сильнее внешнее поле) ориентируется по направлению поля и возникает Д. п. Двум рассмотренным механизмам Д. п. соответствуют два типа диэлектриков, которые обладают несколько различными свойствами. Например, в диэлектриках с постоянными диполями обычно бывают выше *диэлектрические потери* в полях высокой частоты. Для диэлектриков с постоянными диполями характерна также более сильная зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, чем для диэлектриков с индуцированными диполями.

В случае переменного электрического поля внутри диэлектрика либо появляются и исчезают индуцированные диполи, либо поворачиваются на 180° постоянные диполи. И в том и в другом случае в диэлектрике протекают переменные токи поляризации, так как через любое сечение, перпендикулярное направлению электрического поля, электрические заряды диполей движутся в разные стороны — положительные в одну, отрицательные в другую. На поверхности диэлектрика при этом появляются поляризационные заряды то одного, то другого знака.

При поляризации диэлектрика каждая его молекула, превратившись в *диполь*, приобретает электрический момент, по величине равный

$$p = ql,$$

где q — заряд каждого знака в диполе; l — расстояние между разноименными зарядами.

Момент диполя $\vec{p}$, по направлению совпадающий с прямой, проведенной от отрицательного заряда диполя к его положительному заряду, представляет собой вектор. Количественной характеристикой Д. п. служит сумма электрических моментов всех диполей, заключенных в единице объема диэлектрика. Эта сумма

$$\vec{P} = \Sigma pi,$$

где $i = 1, 2, 3, \ldots, n$ (n — число диполей в единице объема), называется вектором поляризации диэлектрика. В простейшем случае Д. п. однородного диэлектрика в однородном электрическом поле вектор $\vec{P}$ связан с величиной поляризационных зарядов простым соотношением. Если поверхностная плотность разноименных поляризационных зарядов на двух плоских поверхностях диэлектрика, перпендикулярных направлению электрического поля E_0, вызвавшего поляризацию, равна σ', то вектор поляризации $\vec{P}$, совпадающий по направлению с E_0, имеет величину

$$P = \sigma'.$$

Диэлектрическая проницаемость — величина, характеризующая влияние *диэлектрика* на напряженность электрического поля, создаваемого в этом диэлектрике электрическими зарядами.

Диэлектрик влияет на напряженность E_0 электрического поля, создаваемого электрическими зарядами, потому, что электрическое поле этих зарядов вызывает *поляризацию диэлектрика.* Возникающие при этом поляризационные заряды создают внутри диэлектрика электрическое поле напряженности E', которое накладывается на поле E_0, созданное зарядами вызвавшими поляризацию диэлектрика. Поле E' всегда направлено навстречу полю E_0, и поэтому результирующее поле в диэлектрике E всегда слабее поля E_0. Когда электрические заряды создают в вакууме электрическое поле напряженности E_0 и все пространство вокруг этих зарядов заполнено однородным диэлектриком, напряженность электрического поля в диэлектрике $E = E_0/\varepsilon$, где ε — Д. п. данного диэлектрика в абсолютной электростатической системе единиц (СГСЭ).

Конечно, эффект, вызванный погружением зарядов в данный диэлектрик, не может зависеть от выбора системы единиц. Но отношение между полем данных электрических зарядов в вакууме и полем тех же зарядов в диэлектрике зависит от отношения Д. п. диэлектрика и Д. п. вакуума. Поэтому в соотношении $E = E_0/\varepsilon$ величина ε представляет собой не Д. п. диэлектрика, а отношение Д. п. диэлектрика к Д. п. вакуума. Но так как в системе СГСЭ диэлектрическая проницаемость вакуума есть величина безразмерная и равная единице, то в системе СГСЭ Д. п. диэлектрика равна ε. В системе СИ Д. п. вакуума ε_0 есть размерная величина, не равная единице. Поэтому в системе СИ ε есть относительная Д. п. (относительно вакуума), а абсолютная Д. п. есть $\varepsilon\varepsilon_0$.

Величина Д. п. диэлектрика тем больше, чем сильнее поляризуется диэлектрик под действием внешнего электрического поля E_0. Диэлектрическая поляризация твердых и жидких диэлектриков может во много раз ослаблять электрическое поле зарядов, т. е. Д. п. твердых и жидких диэлектриков может быть намного больше единицы. Диэлектрическая поляризация газов, у ко-

торых число молекул в единице объема гораздо меньше, чем в твердых и жидких телах, ослабляет электрическое поле очень незначительно. Поэтому Д. п. газов мало отличается от единицы. У газов Д. п. увеличивается с повышением давления (так как увеличивается плотность газа), но даже при больших давлениях она редко превышает значение 1,1. Д. п. некоторых диэлектриков (преимущественно твердых) существенно зависит от температуры.

Для большинства диэлектриков Д. п. не зависит от напряженности поля (поэтому ее называли ранее диэлектрической постоянной). Однако у некоторых диэлектриков, называемых *сегнетоэлектриками*, Д. п. сильно зависит от напряженности поля. Вследствие того, что величина, которой может достичь поляризация диэлектрика под действием переменного электрического поля, зависит не только от напряженности этого поля, но и от скорости его изменения, Д. п. диэлектрика в постоянном и переменном электрических полях, особенно на высоких частотах, может быть различной. Зависимость Д. п. от частоты приводит к зависимости скорости распространения электромагнитных волн в диэлектрике от частоты (длины волны), т. е. к явлениям *дисперсии волн*.

Диэлектрическая прочность — способность диэлектрика выдерживать сильное электрическое поле. Д. п. характеризуется той наибольшей напряженностью электрического поля, при которой еще не наступает *пробой диэлектрика*.

Диэлектрические антенны — антенны, в которых излучателем электромагнитных волн служит стержень из диэлектрика, суживающийся от основания к концу.

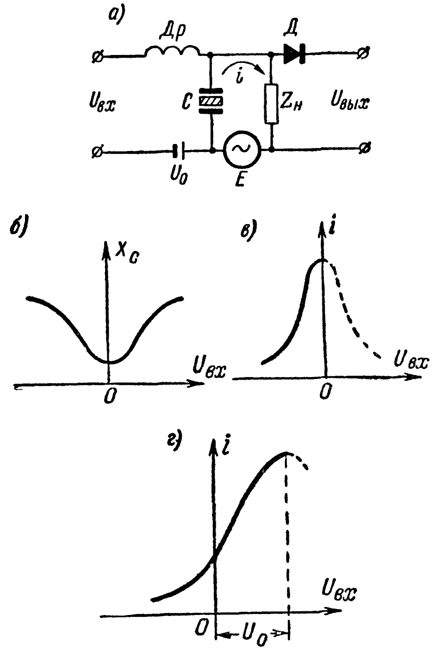
Питающее напряжение высокой частоты подводится к основанию стержня и возбуждает в нем электромагнитные волны. Вследствие преломления и отражения волн на границе диэлектрика они распространяются от широкого конца к узкому и постепенно выходят в окружающее пространство. Так как диаметр стержня должен быть не слишком мал по сравнению с длиной излучаемой волны, то Д. а. имеют практически приемлемые размеры только на самых коротких волнах (сантиметровых и миллиметровых).

Диэлектрические линзы — линзы из *диэлектрика*, применяемые аналогично стеклянным линзам в оптике для фокусировки электромагнитных волн. Так как скорость распространения радиоволн во всех диэлектриках меньше, чем в вакууме, то преломление радиоволн в Д. л. происходит так же, как световых волн в стеклянных линзах. Например, двояковыпуклые Д. л. являются собирательными, а двояковогнутые — рассеивающими. Чтобы Д. л. в случае радиоволн действовали примерно так же, как стеклянные линзы в оптике, нужно, чтобы диаметр Д. л. был во много раз больше, чем длина радиоволн, для которых она предназначена (это условие всегда выполняется в оптике с большим запасом). Поэтому Д. л. практически приемлемых размеров получаются только для наиболее коротких волн (короче 10 *см*). Д. л. применяются, например, для того, чтобы сфокусировать приходящую волну в отверстии рупора или чтобы расходящиеся волны, излучаемые рупором, собрать в более узкий (меньше расходящийся) пучок волн.

Диэлектрические потери — потери энергии при переменной *диэлектрической поляризации*. Д. п. обусловлены наличием в диэлектриках сил, аналогичных силам трения. Например, при поляризации диэлектрика с постоянными диполями их поворот при изменениях направления электрического поля связан с преодолением сил, аналогичных силам трения. Часть работы, произведенной внешним

электрическим полем, идет на преодоление этих сил и превращается в тепло. Силы, аналогичные силам трения, могут вызвать явление *диэлектрического гистерезиса*, который также вызывает Д. п. Эти потери обычно растут с ростом частоты поля, и поэтому на сверхвысоких частотах можно применять только специальные сорта диэлектриков, обладающие малыми потерями (полистирол, высокочастотная керамика и др.).

Диэлектрический усилитель — усилитель, основанный на использовании конденсаторов с *сегнетоэлектриком*, емкость которых изменяется при изменении подводимого напряжения.



Принципиальная схема Д. у. приведена на рис. *а*. Усиливаемое переменное напряжение $U_{вх}$ подводится к обкладкам конденсатора C, содержащего сегнетоэлектрик. К тому же конденсатору через сопротивление нагрузки $Z_н$ подводится от источника переменной э. д. с. E напряжение, частота которого значительно выше частоты усиливаемого напряжения. В цепь подачи сигнала вводится источник постоянного напряжения U_0 для смещения рабочей точки по характеристике усилителя. Дроссель *Др* служит для того, чтобы питающий ток i (от источника E) не проникал в цепь, присоединенную к входу Д. у.

Принцип действия Д. у. весьма сходен с принципом действия *магнитного усилителя* и заключается в следующем. Так как диэлектрическая проницаемость сегнетоэлектрика уменьшается при увеличении абсолютной величины напряжения, подводимого к конденсатору, то емкость конденсатора также уменьшается, а его *емкостное сопротивление* X_C увеличивается (см. рис. *б*), вследствие чего уменьшается ток i. Зависимость i от напряжения $U_{вх}$ (см. рис. *в*) имеет вид, обратный зависимости X_C от $U_{вх}$. Подбором постоянного напряжения U_0 можно переместить рабочую точку на склон кривой, и тогда характеристика зависимости i от $U_{вх}$ вблизи рабочей точки (см. рис. *г*) будет аналогична характеристике электронной лампы в усилительном режиме. Изменение напряжения $U_{вх}$ будет вызывать изменения амплитуды тока i. Этот ток, а следовательно, и падение напряжения на сопротивлении $Z_н$ будет представлять собой *модулированное колебание*. В результате детектирования на выходе выделяется составляющая напряжения, форма которой совпадает с формой подводимого напряжения $U_{вх}$, причем амплитуда этого выходного напряжения может быть значительно больше амплитуды входного напряжения. Большое усиление можно получить, используя изменение вблизи *резо-*

нанса полного сопротивления колебательного контура, состоящего из конденсатора с сегнетоэлектриком и обычной катушки индуктивности.

В практических схемах Д. у. конденсаторы с сегнетоэлектриком обычно включаются по *мостовой схеме*. Как в ламповых усилителях, в Д. у. отдельные *каскады усиления* могут быть включены один за другим.

Длина волны — расстояние, на котором фаза *гармонической волны* изменяется на 2π. Д. в. можно назвать «периодом волны в пространстве» по аналогии с «периодом волны во времени», который называют просто периодом волны. Это изменение фазы на 2π соответствует промежутку времени в один период T. Следовательно, точка волны, имеющая какую-то фиксированную фазу, проходит путь, равный длине волны λ, за время, равное периоду T. Иначе говоря, эта точка волны движется со скоростью $v = \lambda/T$, называемой фазовой скоростью волны, в отличие от групповой скорости, с которой распространяется энергия волны (эти скорости могут быть различны — см. *Скорость распространения электромагнитных волн*). Приведенное соотношение между v, λ и T позволяет определить любую из этих трех величин, если известны две другие.

Длина волны в волноводе — произведение *фазовой скорости* распространения волн в волноводе $v_{в}$ на период волны T:

$$\lambda_{в} = v_{в} T_0.$$

Так как длина волны в вакууме $\lambda = cT$, где c — скорость распространения электромагнитных волн в вакууме, то для данной электромагнитной волны (период которой в вакууме и волноводе один и тот же):

$$\frac{\lambda_{в}}{\lambda} = \frac{v_{в}}{c}.$$

Вследствие того что фазовая скорость распространения волн в волноводе всегда больше c, Д. в. в в. всегда больше длины волны в воздухе. Поскольку фазовая скорость в волноводе возрастает с понижением частоты, то Д. в. в в. возрастает с понижением частоты гораздо быстрее, чем в свободном пространстве, и при *граничной частоте* становится равной бесконечности. Однако при частотах, близких к граничной, затухание волн в волноводе уже значительно. Поэтому на практике применяют волноводы таких размеров, чтобы частота передаваемых волн была по крайней мере в полтора раза больше граничной. Тогда фазовая скорость в волноводе и Д. в. в в. оказываются на 25—30% больше, чем в вакууме.

Длина волны в кабеле — произведение *фазовой скорости* распространения волн в кабеле $v_{к}$ на период волны T:

$$\lambda_{к} = v_{к} T.$$

Так как длина волны в вакууме λcT, где c — скорость распространения электромагнитных волн в вакууме, то для данной электромагнитной волны (период которой в вакууме и в кабеле один и тот же):

$$\frac{\lambda_{к}}{\lambda} = \frac{v_{к}}{c}.$$

В пространстве между проводами кабеля всегда имеется диэлектрик в виде отдельных изоляторов или сплошного заполнения. Поэтому скорость распространения электромагнитных волн в кабеле всегда ниже, чем в вакууме, а длина волны в кабеле $\lambda_{к}$ всегда меньше длины волны в вакууме.

Длинная линия — электрическая линия (симметричная двухпроводная, коаксиальная и т. п.), длина которой не мала по сравнению с длиной электромагнитной волны, соответствующей частоте питающего эту линию напряжения. В радиотехнике, особенно в области коротких и ультракоротких волн, все линии сколько-нибудь значи-

тельной длины являются в этом смысле Д. л. При длине линии, сравнимой с длиной волны, необходимо учитывать, что электрические и магнитные поля распространяются вдоль линии с конечной скоростью. Источник переменной э. д. с., присоединенный к одному концу Д. л., создает в этой линии бегущую волну напряжения и соответственно бегущую волну тока, которые распространяются вдоль линии с конечной скоростью.

Если на другом конце Д. л. не происходит отражения волн напряжения и тока, для чего в конец линии должна быть включена *согласованная нагрузка*, то от источника вдоль линии распространяется только одна *бегущая электромагнитная волна*. При этом в разных точках линии напряжение (и ток) проходит через одни и те же значения в разные моменты времени, т. е. существует *сдвиг фаз* между значениями напряжения (или значениями тока) в разных точках линии. Следовательно, в один и тот же момент времени мгновенные значения напряжения (и тока) в разных точках линии различны.

Если же на другом конце Д. л. происходит отражение волны напряжения (и волны тока), то в результате наложения бегущих волн, распространяющихся в противоположных направлениях, в Д. л. образуются *стоячие электромагнитные волны*. У них амплитудные значения напряжения (и тока) в разных точках линии, а значит, и мгновенные значения в этих точках также оказываются различными. Но в отличие от бегущей электромагнитной волны напряжения или ток на участке линии между двумя соседними узлами напряжения (или тока) меняются в одинаковой фазе. Так как мгновенные значения напряжения (и тока) в разных точках линии в один и тот же момент времени оказываются различными, то напряжения (и токи) в Д. л. нельзя рассматривать как *квазистационарные*.

Длинные волны — радиоволны длиннее 3000 *м*, т. е. волны, которым соответствуют частоты меньше 100 *кгц*. Верхней границей этих волн принято считать волну, длиной $\lambda = 30\,000$ *м*, т. е. частоты $\nu = 10$ *кгц*. При распространении вдоль поверхности Земли Д. в. следуют за кривизной Земли вследствие *дифракции волн* и сравнительно слабо поглощаются Землей; поэтому они распространяются на значительные расстояния. С другой стороны, на распространение Д. в. не оказывает существенного влияния *ионосфера*, и, следовательно, условия распространения таких волн не изменяются заметно в течение суток. Постоянство условий приема Д. в. на значительном расстоянии является их основным преимуществом для связи на большие расстояния.

Длительность фронта импульса — см. *Импульс*.

Дневная волна — см. *Короткие волны*.

Добротность автоматической системы — отношение постоянной скорости входного сигнала к динамической погрешности. Термин Д. применяется, главным образом, для определения точности *следящих систем*, работающих в режиме слежения с постоянной скоростью. Чем меньшей должна быть погрешность следящей системы и чем больше требуемая скорость слежения, тем большей должна быть Д. а. с. (размерность *Д* 1/*сек*). В современных следящих системах Д. а. с. достигает нескольких тысяч 1/*сек*. Увеличение Д. а. с. требует увеличения общего коэффициента усиления цепи прямого усиления разомкнутой следящей системы. Предел увеличения Д. а. с. обычно ограничен условиями устойчивости.

Добротность катушки индуктивности — отношение индуктивного сопротивления катушки к ее ак-

тивному сопротивлению:

$$Q = \frac{\omega L}{R},$$

где ω — угловая частота питающего катушку тока; L — индуктивность катушки; R — ее активное сопротивление.

В большинстве случаев активное сопротивление колебательного контура определяется, главным образом, активным сопротивлением включенной в контур катушки индуктивности. Современные хорошие конденсаторы не вносят заметных потерь, т. е. не увеличивают существенно активного сопротивления контура. Поэтому Д. к. и. определяет практически и *добротность контура*, в состав которого входит эта катушка. С увеличением частоты индуктивное сопротивление катушки растет, но вследствие *поверхностного эффекта* растет и ее активное сопротивление. Поэтому Д. к. и. остается обычно почти постоянной в том диапазоне частот, на который данная катушка рассчитана.

Добротность конденсатора — отношение емкостного сопротивления конденсатора к его последовательному эквивалентному *активному сопротивлению.*

Емкостное сопротивление конденсатора

$$X_C = \frac{1}{\omega C},$$

где C — емкость конденсатора; ω — угловая частота протекающего по нему тока. Поэтому Д. к.

$$Q = \frac{1}{r\omega C},$$

где r — последовательное эквивалентное активное сопротивление конденсатора. Д. к. — величина, обратная *тангенсу угла потерь* ϑ:

$$Q = \frac{1}{\operatorname{tg}\vartheta}.$$

Добротность контура — количественная характеристика резонансных свойств колебательного контура, показывающая, во сколько раз напряжение на катушке последовательного контура при резонансе больше действующей на контур э. д. с.

Амплитуда тока в контуре при *резонансе*

$$I_{\text{рез}} = \frac{E}{R},$$

где E — э. д. с., R — активное сопротивление контура; индуктивное сопротивление катушки

$$X_L = \omega L,$$

где ω — угловая частота колебания, а L — индуктивность катушки. При резонансе на катушке возникает напряжение с амплитудой:

$$U_L = X_L I_{\text{рез}} = \omega L \frac{E}{R}.$$

Отсюда следует, что Д. к.

$$Q = \frac{U_L}{E} = \frac{\omega L}{R}.$$

Поскольку рассматривается случай резонанса, то угловую частоту колебаний, совпадающую с собственной частотой контура, можно выразить через емкость C и индуктивность L контура; тогда

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Д. к. — величина, обратная его *затуханию* d:

$$Q = \frac{1}{d}.$$

С энергетической точки зрения Д. к. характеризует отношение полной энергии, запасенной контуром, к той энергии, которая теряется в контуре за период. Чем меньше затухание контура, т. е. чем меньше потери энергии в нем за период, тем выше Д. к. Аналогично добротность любой колебательной системы характеризует ее затухание и резонансные свойства. Некоторые специальные типы колебательных

систем, применяемых в технике сверхвысоких частот, например отрезки *коаксиальных линий* или *объемные резонаторы*, имеют очень высокую добротность (в объемных резонаторах она достигает десятков тысяч).

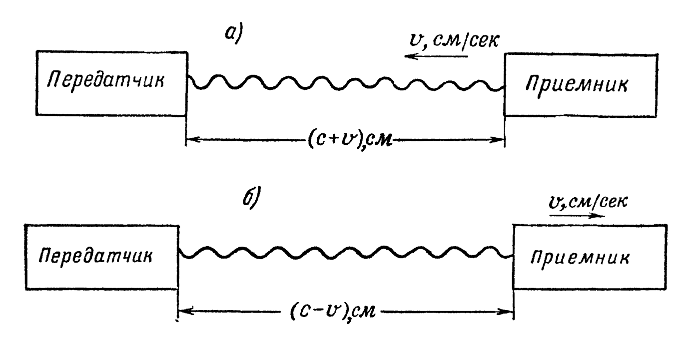
Добротность электронной лампы — произведение *крутизны характеристики* на *коэффициент усиления электронной лампы*. Д. э. л. иногда применяется как параметр, характеризующий возможности использования усилительных свойств лампы.

Донор — вещество, введение которого в чистый полупроводник повышает в нем концентрацию свободных электронов, т. е. придает полупроводнику электронную проводимость (n-типа). См. *Полупроводники*.

Допплера эффект — изменение частоты принимаемых колебаний по сравнению с частотой излучаемых, возникающее в тех случаях, когда расстояние между излучателем и приемником изменяется.

Происхождение Д. э. можно пояснить следующими соображениями. Частота принимаемых колебаний равна, очевидно, числу волн, прошедших мимо приемника за 1 *сек* (каждая волна соответствует одному периоду колебаний, воздействовавшему на приемник). Если приемник неподвижен, то последняя волна, которая в конце какой-либо секунды достигнет приемника, в начале этой секунды будет находиться на расстоянии $c_{см}$ от него, если c *см/сек* есть скорость распространения волн. Иначе говоря, за 1 *сек* мимо приемника пройдут все волны, уложившиеся на длине $c_{см}$. На этой длине уложится число волн $n = c/\lambda$, где λ — длина волны.

Если частота колебаний, создаваемых излучателем, есть ν_0, то $\nu_0 = c/\lambda$. Следовательно, $n = \nu_0$, и воздействие на приемник имеет ту же частоту, какую создает излучатель. Но если приемник движется к передатчику со скоростью v *см/сек* (см. рис. *а*), то последняя



волна, которая к концу какой-нибудь секунды достигнет приемника, в начале этой секунды будет находиться на расстоянии $(c + v)$ *см* от приемника (на 1 *сек* приемник продвинется на v *см* к ней навстречу). Следовательно, за 1 *сек* в этом случае пройдут все волны, уложившиеся на длине $(c + v)$ *см*. Число их равно $n' = \frac{c+v}{\lambda}$; а так как $\lambda = c/\nu_0$, то

$$n' = \nu_0\left(1 + \frac{v}{c}\right).$$

Таким образом, в этом случае частота воздействия на приемник $\nu_1 = \nu_0\left(1 + \frac{v}{c}\right)$, т. е. больше, чем частота излучателя.

Когда приемник удаляется от излучателя (см. рис. *б*), то последняя волна, которая дойдет до приемника к концу какой-либо секунды, в начале этой секунды будет находиться на расстоянии $(c - v)$ *см* от него (за 1 *сек* приемник удалится на v *см* от нее). На этом расстоянии укладывается число волн $n_2 = \frac{c - v}{\lambda}$ и, следовательно, частота воздействия на приемник в этом случае $\nu_2 = \nu_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right)$. Если скорость приемника считать при его приближении к излучателю положительной, а при удалении от излучателя — отрицательной, то оба случая могут быть охвачены одной формулой:

$$\nu = \nu_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right).$$

Полученная формула справедлива для электромагнитных волн также в случае, когда приемник неподвижен, а движется излучатель.

Всегда Д. э. определяется скоростью изменения расстояния между излучателем и приемником. Поэтому, когда приемник движется под некоторым углом по направлению к излучателю, в приведенную выше формулу вместо полной скорости движения приемника входит проекция этой скорости на направление линии, соединяющей приемник с излучателем (эта проекция, называемая лучевой скоростью, определяет скорость изменения расстояния между излучателем и приемником).

Для электромагнитных волн $c \approx \approx 300\,000$ *км/сек* и даже при больших скоростях движения излучателя или приемника отношение v/c невелико, а значит, невелико и относительное изменение частоты. Однако его нетрудно измерить, поскольку сравнение частот может производиться с большой точностью. Поэтому Д. э. находит практическое применение, например, для определения скорости движения самолетов и ракет.

Д. э. возникает также в случае звуковых волн, на которых он и был впервые изучен Допплером. Поскольку скорость распространения звуковых волн гораздо меньше, чем электромагнитных, то даже при не очень больших скоростях движения излучателя или приемника изменение частоты звука, вызванное Д. э., оказывается значительным и может быть обнаружено на слух (например, изменение высоты тона гудка встречного паровоза). Для звуковых волн, помимо скорости изменения расстояния между излучателем и приемником, величина Д. э. зависит от того, движется ли излучатель или приемник в среде, в которой распространяются волны (например, в воздухе). Поэтому, в отличие от электромагнитных волн, выражения для величины Д. э. в случае звуковых волн несколько различны при движении излучателя или приемника относительно среды, в которой распространяются волны.

Драйвер — см. *Возбудитель.*

Дрейф носителей заряда (в полупроводниках) — движение электронов и *дырок*, обусловленное электрическим полем. Последнее может быть вызвано включением полупроводника в электрическую цепь с внешним источником э. д. с. Однако в неоднородном полупроводнике электрическое поле существует всюду, где изменяется тип или величина проводимости, даже в отсутствие внешнего источника э. д. с.

Дрейф нуля — медленное самопроизвольное изменение начального напряжения на выходе *усилителя постоянного тока.* Основными причинами Д. н. являются непостоянство напряжения источников питания и изменения температуры. Для устранения Д. н. применяют специальные схемы, причем особенно важно снижение

Д. н. первого каскада усилителя, так как его Д. н. усиливается всеми последующими каскадами. Основным методом снижения Д. н. в усилителях прямого действия является применение компенсационных и балансных схем. Радикального устранения Д. н. удается достичь в усилителях постоянного тока с преобразованием. При этом усиливаемым постоянным или медленно изменяющимся напряжением модулируют колебания более высокой несущей частоты, которая и усиливается усилителем переменного напряжения. Затем на выходе осуществляется детектирование этих колебаний с целью выделения усиливаемого постоянного напряжения.

Дрейфовый транзистор — транзистор, у которого движение *неосновных носителей* в области базы носит характер дрейфа под действием электрического поля (см. *Дрейф носителей заряда*). Продольное электрическое поле в Д. т. создается неравномерным легированием области базы: в направлении от эмиттера к коллектору концентрация примеси понижается, причем удельное сопротивление возрастает в том же направлении. К Д. т. относятся некоторые типы *выращенных транзисторов*, а также транзисторы, изготовляемые путем диффузии примесей (см. *Диффузионно-сплавной транзистор*).

Дробовой шум — *флуктуационные помехи*, возникающие в электронных лампах, фотоэлементах, фотоэлектронных усилителях, электронно-оптических преобразователях и т. д. вследствие случайного характера вылета отдельных электронов из катода. Ток эмиссии в короткие промежутки времени колеблется вокруг среднего значения i. Среднее значение этих отклонений — флуктуаций — $i_д$ за большой отрезок времени равно нулю. В то же время среднее значение квадрата этих флуктуаций, пропорциональное мощности шума, равно

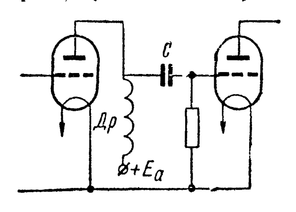
$$i_д^2 = 2ei\Delta f,$$

где e — заряд электрона; i — ток эмиссии; Δf — полоса частот усилителя или прибора.

Дробовой эффект — нерегулярные колебания *тока термоэлектронной эмиссии* катода. Эти колебания по своей природе аналогичны *электрическим флуктуациям*. В среднем за достаточно большие промежутки времени катод испускает одинаковое число электронов, и среднее значение электронного тока остается неизменным. При этом все время происходят небольшие нерегулярные отклонения от среднего значения — катод испускает то немного меньше, то немного больше электронов. Такие нерегулярные колебания тока около среднего значения — электрические флуктуации — происходят во всяком процессе, представляющем результат большого числа отдельных элементарных процессов. В рассматриваемом случае таким элементарным процессом является вылет каждого электрона из катода. Д. э. особенно заметен тогда, когда лампа работает в режиме *тока насыщения*, так как при этом величина анодного тока непосредственно зависит от числа вылетевших электронов. Но и в обычных условиях работы электронной лампы, когда анодный ток меньше тока насыщения, анодный ток все же отчасти зависит от эмиссии катода и постоянно испытывает небольшие нерегулярные колебания. После достаточно большого усиления эти колебания создают в телефоне шум, напоминающий звук падающей дроби, почему все явление и получило название Д. э. В многоламповых приемниках с большим усилением Д. э. первых ламп служит одним из источников *шумов приемника*.

Д. э. используется в *шумовых диодах* для получения *шумового напряжения*, имеющего сплошной спектр.

Дроссельный ламповый усилитель — усилитель, в котором *анодной нагрузкой* служит *дроссель*. Выделяющееся на дросселе *Др* (см. рис.) усиленное переменное



напряжение подается на следующий каскад через разделительный конденсатор *C*. Так как индуктивное сопротивление дросселя возрастает с частотой, Д. л. у. не может обеспечивать сколько-нибудь равномерного усиления в широкой полосе частот.

Дроссель — катушка самоиндукции, применяемая в качестве большого *индуктивного сопротивления* для переменных токов. В том случае, когда Д. должен обладать большим индуктивным сопротивлением для токов низкой частоты, он изготовляется с ферромагнитным сердечником. Д., служащий большим индуктивным сопротивлением для токов высокой частоты, делается либо без сердечника, либо с сердечником из *магнитодиэлектрика*.

«Друг радио» — один из первых радиолюбительских журналов, издававшийся в Ленинграде с ноября 1924 г. по 1926 г. (тираж 10 000 экз), орган Общества друзей радио Северо-западной области. Около года журнал был одновременно центральным органом Общества друзей радио.

Дуальное управление — форма автоматического управления, при которой управляющие воздействия имеют двойственный характер (управляющий и изучающий). Применяется для систем автоматического управления с неполной информацией об управляемом объекте и с активным ее накоплением в процессе управления. Отличительная черта систем с Д. у. состоит в том, что информация об объекте получается не в результате пассивного наблюдения, а при помощи специальных экспериментов, изменяющих характеристики объекта управления. Объект находится под воздействием не только управляющих сигналов, но и сигналов познавательного характера. Результаты действия последних анализируются специальным устройством, входящим в состав системы автоматического управления. Такое построение системы способствует лучшему изучению объекта управления и выработке оптимального способа управления.

К системам Д. у. относятся многие системы автоматической оптимизации и автоматического поиска. Системы Д. у. могут быть непрерывными или дискретными, находящимися под воздействием случайных возмущений. Поэтому сведения о возмущениях и характеристиках объекта не поддаются непосредственным измерениям. Эти сведения должны собираться и обрабатываться постепенно в процессе работы системы, для чего служат специальные запоминающие и вычислительные устройства.

Дуговой генератор — *электрическая дуга*, создающая электрические колебания в присоединенном к ней колебательном контуре вследствие того, что она имеет участок падающей характеристики, т. е. обладает на этом участке *отрицательным сопротивлением*. Д. г. широко применялись раньше (до появления мощных генераторных ламп) в качестве генераторов незатухающих колебаний на передающих радиостанциях.

Дуговой разряд — вид *газового разряда*.

Дуплексная радиосвязь — радиосвязь, при которой каждая из двух осуществляющих связь радиостанций ведет одновременно радиопередачу и радиоприем.

Дырка — условное название места (точнее — энергетического состояния, см. *Зонная теория*), освобождающегося при уходе электрона из атома *полупроводника*. Поскольку атом становится при этом положительным ионом, Д. приписывают положительный заряд, по абсолютной величине равный заряду электрона. В Д., существующую в районе одного атома полупроводника, может перейти один из электронов, принадлежащих соседнему атому. В результате такого перехода Д. как бы перемещается из одного атома в другой и наблюдаемый процесс аналогичен передвижению положительно заряженной частицы. На этом основании Д. рассматривают как подвижную частицу — носитель положительного электричества.

Дырочная проводимость — один из механизмов электропроводности, наблюдаемых в полупроводниках, заключающийся в переносе электрических зарядов с помощью *дырок*. В процессе Д. п. дырки, подобно положительно заряженным частицам, перемещаются по направлению электрического поля (от положительного полюса к отрицательному). В действительности Д. п. представляет собой особую форму движения электронов. Связанный с нейтральным атомом электрон переходит в ионизированный атом с недостающим электроном, причем первый атом ионизируется (приобретает дырку), а второй становится нейтральным (теряет дырку); таким образом, перемещение дырки от одного атома к другому обусловлено встречным переходом электрона. Дальнейшее движение дырки создается последовательностью аналогичных переходов электронов других атомов, находящихся на пути дырки.

Е

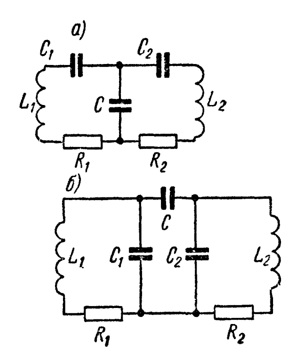
Евровидение — сеть телевизионного вещания, охватывающая страны Западной Европы.

Единица количества информации — единица для измерения *количества информации* — одна двоичная единица (дв. ед.). Количество информации выражается в двоичных единицах, если в формуле для его вычисления за основание логарифмов принято число 2. За рубежом двоичная единица называется *бит*. Иногда используются и другие Е. к. и.: десятичная и натуральная. В первом случае за основание логарифмов принимается 10, во втором — число $e = 2{,}71828\ldots$

Емкостная нагрузка — нагрузка, включенная в цепь источника переменной э. д. с., обладающая на частоте этой э. д. с. *емкостным реактивным сопротивлением*.

Емкостная проводимость — см. *Проводимость электрической цепи*.

Емкостная связь — связь между контурами, осуществляемая через общую емкость. Например, общая емкость C (см. рис. *а*) создает



Е. с. между контурами $C_1L_1R_1C$ и $C_2L_2R_2C$. Так как емкость входит в состав каждого из контуров, то связь по данной схеме называют внутренней Е. с. Если в одном из контуров течет ток, заряжающий емкость C, то на ней появляется напряжение, действующее и во втором контуре. Чем меньше емкость C при прочих равных условиях, тем больше ее *емкостное сопротивление* и тем Е. с. сильнее.

Другой вариант так называемой внешней Е. с. показан на рис. *б*. Здесь часть тока одного из контуров проходит через емкость связи С во второй контур. В этом случае Е. с. тем сильнее, чем больше емкость *С*. Внешняя Е. с. часто возникает вследствие наличия *паразитной емкости* между цепями. Такая паразитная Е. с. обычно играет вредную роль, особенно в цепях высокой частоты, являясь причиной возникновения *паразитной генерации* и других нарушений нормальной работы. Для устранения паразитной Е. с. применяются *электростатические экраны*.

Емкостный аттенюатор — *аттенюатор*, работающий по принципу емкостного *делителя напряжения*.

Емкостное сопротивление — *реактивное сопротивление*, которое представляет данная емкость для переменного тока. Величина Е. с.

$$X_C = \frac{1}{\omega C},$$

где ω — угловая частота тока; C — емкость. Если выражать ω в герцах и C в фарадах, то X_C выражается в омах.

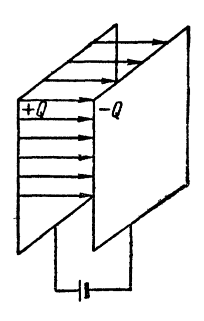
Емкостный ток — ток, протекающий в цепи питаемой переменной э. д. с. и замкнутой на *емкость*. Е. т. возникает в результате движения электрических зарядов, при заряде и разряде емкости.

Емкость (электрическая емкость) — способность проводников удерживать на себе электрические заряды.

Если два проводника зарядить разноименными, но равными по величине зарядами, то между ними возникает некоторая *разность потенциалов*. Чем бо́льшие заряды нужно сообщить проводникам, чтобы довести разность потенциалов между ними до определенной величины, тем больше взаимная *Е*. проводников. Величина зарядов $+Q$ и $-Q$ на проводниках, разность потенциалов U между ними и взаимная *Е*. проводников C связаны соотношением

$$U = \frac{Q}{C}.$$

Взаимная *Е* двух проводников зависит от их размеров и расстояния между ними. Чем больше размеры проводников и чем меньше расстояние между ними, тем их *Е*. больше. Кроме того, *Е*. тем больше, чем больше *диэлектрическая проницаемость* диэлектрика, разделяющего проводники. Если к двум проводникам, обладающим определенной взаимной *Е*., присоединить источники постоянной э. д. с.



(см. рис.), то проводники зарядятся до разности потенциалов, равной э. д. с. источника. На проводниках сосредоточатся тем бо́льшие заряды, чем больше взаимная *Е*. проводников.

В случае источника переменной э. д. с. разность потенциалов и величина зарядов будут изменяться так же, как изменяется э. д. с. Заряды будут притекать к проводникам и утекать от них, т. е. в цепи установится переменный электрический ток, называемый емкостным. При постоянной э. д. с. заряды притекают только в течение очень короткого промежутка времени после присоединения источника к проводникам, пока разность потенциалов не достигнет величины э. д. с., после чего ток в цепи прекратится. Иначе говоря, через

Е. длительно может течь только переменный электрической ток. Величина переменного тока, протекающего через *Е.*, тем больше, чем больше *Е.* (так как тем больше зарядов должно притекать к проводникам и утекать от них), и чем выше частота тока (так как тогда те же заряды притекают и утекают за более короткое время). Следовательно, *Е.* представляет собой для переменного тока тем меньшее сопротивление, чем больше *Е.* и чем выше частота тока.

Приборы, специально сконструированные так, чтобы входящие в них проводники обладали определенной взаимной *Е.*, называются *конденсаторами*. Термин *Е.* нередко применяют для обозначения не свойства проводников, а самих проводников, этим свойством обладающих. Например, вместо того чтобы сказать «включен конденсатор», говорят «включена емкость».

На практике обычно приходится иметь дело с взаимной *Е.* двух проводников. Однако уединенный проводник также имеет собственную *Е.*, которая определяется аналогично взаимной *Е.* двух проводников: чем больший заряд нужно сообщить проводнику, чтобы зарядить его до определенного потенциала, тем больше его *Е.*

Емкость антенны — *взаимная емкость* проводов антенны и земли (противовеса) в случае антенны, работающей с заземлением (противовесом), и взаимная емкость проводов двух половин антенны в случае симметричной антенны, у которой передатчик или приемник включаются в середину антенны.

Емкость гальванического элемента или аккумулятора — количество электричества, которое может отдать при разряде гальванический элемент или аккумулятор. Величина емкости равна произведению тока, который дает элемент, на время его разряда до некоторого минимального допустимого напряжения. В гальваническом элементе или аккумуляторе запасается химическая энергия, расходуемая при разряде в виде работы *электродвижущих сил.* Эта работа равна произведению величины э. д. с. на количество протекшего электричества. Э. д. с. при разряде изменяется в небольших пределах, и поэтому работа может быть охарактеризована количеством протекшего электричества.

Е. г. э. или а. принято выражать произведением тока в амперах на время работы в часах, т. е. в ампер-часах.

Емкость запоминающего устройства — число двоичных единиц информации, которые одновременно могут храниться в данном *запоминающем устройстве.* Е. з. у. является одной из основных его технических характеристик. Иногда Е. з. у. характеризуется количеством *слов* с указанием числа двоичных разрядов в слове.

Емкость катушки индуктивности — см. *Междувитковая емкость.*

Емкость паразитная входная — паразитная емкость, шунтирующая вход какого-либо устройства.

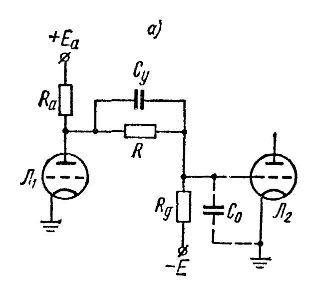
Емкость паразитная выходная — паразитная емкость, шунтирующая выход какого-либо устройства.

Емкость паразитная проходная — паразитная емкость, включенная между входом и выходом какого-либо устройства.

Емкость ускоряющая (в импульсных устройствах) — емкость, включаемая параллельно элементам связи между каскадами, выполненным на сопротивлениях.

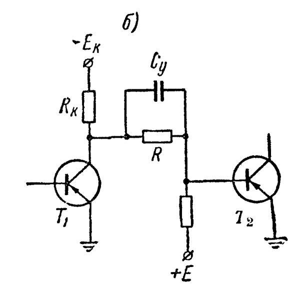
Примером применения Е. у. в ламповых устройствах является схема, изображенная на рис. *а.* Реостатный делитель $R - R_g$ и источник смещения E обеспечивают запирание лампы $Л_2$ при отпирании $Л_1$ и отпирание $Л_2$ при запирании $Л_1$. Длительность фронтов сигнала, поступающего на сетку $Л_2$, определяется скоростью перезаряда *паразитной емкости* C_0, шунтирующей выход делителя и

состоящей из емкости монтажа и входной емкости $Л_2$. Указанная емкость C_0 перезаряжается через сопротивления делителя. Процесс перезаряда протекает существенно



быстрее, если шунтировать верхнее плечо R делителя емкостью $C_у$, имеющей значительно бо́льшую величину, чем C_0. В этом случае основная часть перезарядного тока протекает через $C_у$, минуя делитель.

Транзисторный аналог рассмотренной схемы изображен на рис. *б*.



Здесь влияние паразитной емкости невелико вследствие малого входного сопротивления открытого транзистора. Е. у. в основном служит для ускорения процессов нарастания и спада коллекторного тока T_2 при отпирании и запирании последнего. При ее использовании амплитуда базового тока T_2 определяется не сопротивлениями делителя, а значительно меньшим выходным сопротивлением коллекторной цепи T_1. Благодаря этому амплитуда базового тока увеличивается, что способствует более быстрому отпиранию и запиранию T_2.

Е. у. широко применяется в *триггерах*, *мультивибраторах* и других импульсных устройствах.

Ж

Ждущая развертка — развертка в *электронном осциллографе*, запускаемая приходящим электрическим импульсом, который нужно наблюдать. Для этого приходящий импульс подводится не только к пластинам вертикального отклонения, но также к *спусковой схеме*, запускающей на один период генератор развертки.

Ждущий режим релаксационных генераторов — режим, в котором генератор обладает только одним состоянием устойчивого равновесия; другие возможные состояния генератора являются состояниями *квазиравновесия*.

Желудь — миниатюрная стеклянная электронная лампа, напоминающая по внешнему виду желудь. Благодаря малым размерам имеет сравнительно малые *междуэлектродные емкости* и *индуктивности выводов* и поэтому пригодна для очень высоких частот (до 300 *Мгц* и даже выше). Для уменьшения паразитных емкостей и индуктивностей делается без цоколя. Короткие прямые выводы электродов лампы зажимаются в контактах специальной панели.

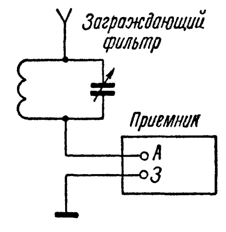
Жесткая синхронизация (ТВ) — синхронизация, при которой моменты начала каждой строчной и кадровой развертки управляются приходящими импульсами синхронизации. Ж. с. применяется в большинстве телевизоров. Ж. с. чувствительна к импульсным и флуктуационным помехам.

Жесткий режим генератора — см. *Самовозбуждение колебаний*.

З

Заграждающий фильтр — устройство, не пропускающее колебаний определенной полосы частот и пропускающее колебания всех других частот. Простейшим З. ф. может служить колебательный контур, составленный из соединенных параллельно емкости и индуктивности и включенный последовательно в какую-либо цепь для преграждения пути токам той частоты, на которую этот контур настроен. Такой параллельный контур при высокой добротности обладает большим *резонансным сопротивлением* и малым сопротивлением для токов, частота которых отлична от резонансной.

З. ф. применяются, например, для ослабления помех близких радиостанций при радиоприеме. В этом случае З. ф. включается между антенной и приемником (см. рис.). Настроив З. ф. на частоту



мешающей станции, можно значительно ослабить помехи с ее стороны. Применяются также более сложные З. ф. состоящие из нескольких колебательных контуров. З. ф. иначе называют запирающим или режекторным, а также «фильтром-пробкой».

Задающий генератор — *ламповый генератор* или генератор на полупроводниковых триодах с самовозбуждением, относительно малой мощности и высокой стабильности, предназначенный для возбуждения высокочастотных колебаний, которые затем усиливаются в последующих каскадах. Обычно в задающем генераторе применяются специальные меры *стабилизации частоты.*

Заземление — устройство для соединения каких-либо приборов или точек схемы с землей. З. часто применяется для повышения эффективности передающих и приемных антенн. Если расстояние от антенны до земли невелико по сравнению с длиной волны (как часто бывает на длинных и средних волнах, а иногда и на коротких), то обычно применяется З. Передатчик или приемник включают не в середину антенны, а между антенной и З. При этом земля действует как *зеркальное изображение* антенны.

З. служит также для защиты радиостанции от *грозовых разрядов.* Если антенна соединена с землей, то заряды, появившиеся в антенне во время грозы, уходят в землю. При отсутствии заземления такие заряды могут создать на антенне очень высокие напряжения.

Заземленная сетка — см. *Схема с заземленной сеткой.*

Замирание (фединг) — явление внезапного, иногда кратковременного, а иногда более длительного ослабления или даже полного исчезновения радиоприема, происходящее при приеме далеких радиостанций, работающих в коротковолновой части диапазонов средних волн и в диапазоне коротких волн. Причиной З. является то, что условия *преломления радиоволн в ионосфере*, так же как и состояние ионосферы, все время изменяются. Поэтому амплитуда и фаза волн, отраженных от ионосферы, также претерпевают нерегулярные изменения.

Так называемое интерференционное З. вызывается явлением *интерференции раиоволн*, приходящих различными путями в точку приема, лежащую в *зоне интерференции.* Если в какие-то моменты времени волны, идущие разными путями,

приходят в место приема в противоположных фазах, то они ослабляют друг друга и прием ухудшается. Другой причиной З. может быть внезапное изменение характера поляризации волн (см. *Поляризованные электромагнитные волны*) при распространении в ионосфере. Если плоскость поляризации приходящей волны расположена так, что электрическое поле ее оказывается приблизительно перпендикулярным проводам антенны, то прием сильно ослабевает или вовсе прекращается; это так называемое поляризационное З.

Так как явление З. существенно зависит от длины волны (особенно в случае интерференционного З.), то изменения напряженности поля могут происходить по-разному даже на очень близких волнах. Может случиться, что ослабление поля наступит не для всех колебаний, входящих в *спектр* принимаемых сигналов, а лишь для части их. Такое избирательное (селективное) З. для части спектра принимаемого сигнала нередко наблюдается на коротких волнах и приводит к искажениям приема.

Замкнутые телевизионные системы — системы без выхода в эфир. В З. т. с. число приемников (видеоконтрольных устройств) ограничено. Передача сигналов от камер осуществляется либо по видеочастоте (без несущей), либо на несущих частотах по коаксиальным кабелям. З. т. с. используются в промышленных телевизионных установках различного назначения, для подводного ТВ, для учебных целей и т. п.

В состав З. т. с. входят: управляемые дистанционно камеры, пульт управления, селекторы, позволяющие выбрать ту или иную камеру, синхрогенератор, блоки видеоусилителей, выносные видеоконтрольные устройства, сеть соединительных кабелей, телефоны и сигнализация для служебной связи операторов.

В З. т. с. с целью унификации аппаратуры используются стандартные число строк (625) и частота кадров (25 *гц*). Однако формат изображения выбирается квадратным, что несколько сужает полосу частот сигнала. В качестве выносных видеоконтрольных устройств в некоторых З. т. с. используются стандартные телевизоры. В этом случае в З. т. с. формируется *полный телевизионный сигнал* со всеми синхронизирующими и гасящими импульсами. Несущая частота выбирается в соответствии с одним из первых каналов телевизионного вещания.

Замкнутый контур — замкнутая электрическая цепь, составленная из конденсаторов и катушек индуктивности, соединенных с помощью не слишком длинных проводов. Характер процессов, происходящих в З. к., определяется, главным образом, емкостью конденсаторов и индуктивностью катушек (такие контуры называют контурами с сосредоточенными параметрами), а не *распределенной индуктивностью* и *распределенной емкостью* соединительных проводов. Вследствие этого скорость, с которой могут изменяться напряжения и токи в З. к., оказывается столь малой, что за время распространения электромагнитного поля от одного конца контура до другого напряжения и токи не успевают измениться, т. е. в З. к. выполняются условия квазистационарности (см. *Квазистационарный ток*).

Запас устойчивости — см. *Качество систем автоматического управления и регулирования.*

Запирающее напряжение на сетке — отрицательное напряжение на управляющей сетке лампы, при заданных напряжениях на аноде и других сетках, при котором лампа запирается, т. е. катодный ток падает до нуля. Для триода З. н. н. с. приблизительно равно

$$U_{g\,зап} = -DU_a,$$

где D — *проницаемость электронной лампы;* U_a — напряжение на аноде.

Запись изображений (консервация) — фиксация изображений или их электрических сигналов с целью сохранения и возможности многократного повторения телевизионных программ. Наиболее распространены: запись изображений на кинопленку с экрана специального *видеоконтрольного устройства* и запись сигнала на ферромагнитную пленку с помощью *видеомагнитофона.* Применяются также *электростатическая* и *термопластическая записи* сигналов изображения.

Запоминающая электронно-лучевая трубка — электронно-лучевая трубка со статическим отклонением луча и дополнительным внешним электродом, который размещен на внешней поверхности экрана. Внешний электрод выполняется в виде либо сплошной металлической пластины, либо сетки; он служит сигнальным электродом. Двоичные сигналы представлены в виде распределения электрических зарядов на поверхности экрана. Связь запоминающих элементов с сигнальным электродом — емкостная. Выборка нужного пятна на экране трубки осуществляется путем подачи отклоняющих напряжений на электроды горизонтального и вертикального отклонения. На З. э. т. были разработаны *оперативные запоминающие устройства* первых (ламповых) ЦВМ.

В частности, отечественная машина БЭСМ Академии наук СССР также имела в качестве первого оперативного запоминающего устройства *память* на электронно-лучевой трубке; впоследствии эта память была заменена магнитным оперативным запоминающим устройством (МОЗУ), выполненным на ферритовых тороидальных сердечниках.

Запоминающие устройства — узлы электронных вычислительных машин, где хранятся массивы информации, подлежащей переработке. Запоминающие устройства ЦВМ делятся на внешние и внутренние. Внешние З. у. иногда называются (внешними) накопителями. К ним относятся накопители на перфокартах, перфолентах и магнитных лентах. Внутренние З. у. состоят из *оперативного запоминающего устройства*, которое осуществляет обмен информацией непосредственно с арифметическим устройством, и ряда буферных З. у. (особенно в больших ЦВМ). Буферные З. у. чаще всего выполняются на *магнитных барабанах* или магнитных дисках. По быстродействию буферные З. у. занимают промежуточное положение между оперативными З. у. и внешними накопителями. В непрерывных ЭВМ З. у. не являются функционально обособленными блоками. Характер запоминания информации также существенно отличается от запоминания дискретной информации.

Запоминающий элемент — конструктивный компонент, физический объект или схемное устройство, предназначенное для запоминания дискретной информации. В автоматике и вычислительной технике наибольшее применение нашли двоичные З. э. Каждый такой элемент хранит одну двоичную единицу информации. Тороидальный магнитный сердечник из материала с прямоугольной петлей гистерезиса, *биакс*, *криотрон* являются физическими объектами, используемыми в качестве З. э. Перфорация на перфокарте или, например, прокладка провода внутри или вне окна магнитного сердечника представляют собой конструктивные компоненты, используемые для хранения информации в *постоянных запоминающих устройствах.* Триггер (статический) является электронной схемой с двумя устойчивыми состояниями, которая широко применяется в электронных вычислительных машинах для по-

строения регистров. В *запоминающих устройствах* современных ЦВМ наибольшее применение в качестве З. э. получили тороидальные магнитные сердечники из феррита с прямоугольной петлей гистерезиса.

Запорный слой — тонкий слой в районе контакта полупроводника с металлом или в районе границы раздела областей с различными типами проводимости, обладающий свойством односторонней проводимости. При образовании контакта разнородных материалов часть электронов из области с проводимостью *n*-типа переходит в область *p*-типа, а часть дырок из *p*-области переходит в *n*-область. Это приводит к появлению *контактной разности потенциалов* и электрического поля, направленного от *n*-области к *p*-области. Слой, в котором действует электрическое поле, лишается носителей заряда (электроны выталкиваются этим полем в *n*-область, а дырки в *p*-область) и приобретает высокое электрическое сопротивление. З. с. обладает рядом ценных свойств, используемых в разнообразных полупроводниковых приборах (см. *Полупроводниковые диоды*, *Транзисторы*, *Вентильный фотоэлемент*, *Варикап*).

Запрещенная зона — см. *Зонная теория*.

Заряд конденсатора — величина электрического заряда на одной из обкладок конденсатора (так как на обкладках конденсатора заряды равны по величине, но противоположны по знаку, то сумма их всегда равна нулю). Величина З. к. $Q = CU$, где C — *емкость конденсатора*, а U — разность потенциалов (см. *Потенциал*) между его обкладками. Термином З. к. называют также сам процесс накопления заряда на конденсаторе.

Зарядный рельеф — распределение зарядов на поверхности мишени (мозаике) передающих телевизионных трубок и *накопительных электронно-лучевых трубок*. З. р. образуется, с одной стороны, под воздействием оптического или электронного изображения в телевизионных трубках, а с другой, — под воздействием модулированного луча или потенциала на одном из электродов накопительных трубок.

Затухание в длинной линии — величина, характеризующая убывание амплитуды волны, распространяющейся вдоль *длинной линии*, вследствие потерь энергии в линии.

З. в д. л. тем больше, чем больше активное сопротивление проводов и чем меньше сопротивление утечки линии. Кроме того, З. в д. л. увеличивается при *диэлектрических потерях* в изоляции и потерях на излучение электромагнитных волн (см. *Излучение радиоволн*).

Для количественной оценки З. в д. л. служит коэффициент затухания β, характеризующий убывание амплитуды *бегущей электромагнитной волны* на единицу длины линии. Амплитуда бегущей волны напряжения на участке линии длиной l вследствие потерь энергии убывает от U_0 до $U = U_0 e^{-\beta l}$, где e — основание натуральных логарифмов. Если З. в д. л. определяется, главным образом, потерями в активном сопротивлении проводов, а все остальные потери энергии малы, то коэффициенты затухания $\beta = R_1/2\rho$, где R_1 — активное сопротивление проводов на единицу длины линии, называемое погонным сопротивлением линии, а ρ — волновое сопротивление длинной линии. От величины З. в д. л. зависит к. п. д. линии, т. е. отношение мощности, отдаваемой в нагрузочное сопротивление на конце линии, к мощности, подводимой к началу линии. К. п. д. линии $\eta = e^{-2\beta l}$.

Затухание контура — величина, характеризующая скорость убывания амплитуд *собственных колебаний* в контуре из-за потерь энергии в нем, а также характеризующая резонансные свойства контура. Чем

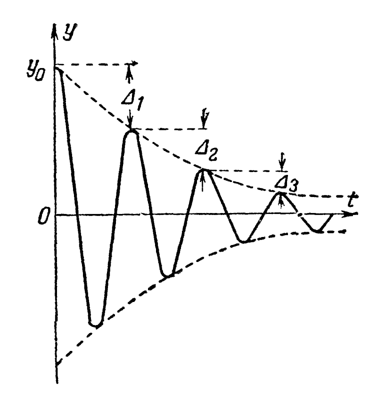
меньше З. к., тем резче выражено явление *резонанса.* З. к., состоящего из включенных последовательно индуктивности L, емкости C и активного сопротивления R,

$$d = R\sqrt{\frac{C}{L}}$$

и представляет величину, обратную *добротности контура.* Хорошие высокочастотные контуры (с малыми потерями) имеют затухание порядка 0,01. Наряду с З. к. иногда пользуются *логарифмическим декрементом затухания,* величина которого в π раз больше, чем З. к.

Затухание напряжения в линии — см. *Коэффициент передачи.*

Затухающие колебания — колебания, амплитуда которых убывает со временем. З. к. возникают во всякой колебательной системе, если на нее подействовал короткий импульс, а затем она предоставлена



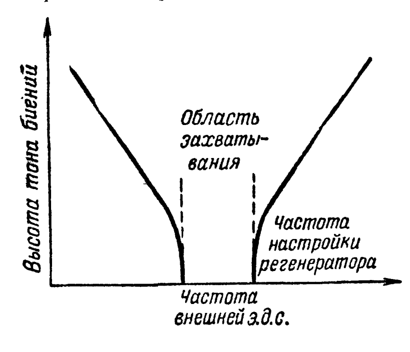
самой себе. Возникающие при этом колебания называются *собственными колебаниями.* Затухание их обусловлено потерями энергии в колебательной системе. Обычно амплитуда З. к. убывает по закону $y = y_0e^{-\alpha t}$, где y — амплитуда колеблющейся величины (напряжения на конденсаторе контура, отклонения тела от положения равновесия и т. п.) в момент времени t; y_0 — начальная амплитуда; e — основание натуральных логарифмов; α — показатель затухания, зависящий от свойств системы. При таком законе амплитуды колебаний образуют убывающую геометрическую прогрессию, т. е. отношение двух последующих амплитуд есть величина постоянная. Поэтому чем больше амплитуда, тем больше разность Δ между двумя соседними амплитудами колебаний (см. рис.).

В начальный период развития радиотехники, пока методы получения незатухающих электрических колебаний не были известны, затухающие электрические колебания применялись для возбуждения радиоволн при радиосвязи.

Затягивание (в обратной связи) — явление, наблюдаемое в ламповых генераторах при изменении обратной связи и заключающееся в том, что колебания возникают при большей обратной связи, чем их срыв. При наличии З. колебания возникают и срываются резким скачком. После возникновения колебаний сразу устанавливается большая амплитуда I_1 и срыв происходит также при значительной амплитуде I_2, причем $I_2 < I_1$. З. в обратной связи, когда оно происходит в *регенераторе,* затрудняет установку обратной связи у *порога генерации.* Главной причиной З. является неправильное положение рабочей точки на характеристике электронной лампы (рабочая точка смещена со средней части характеристики на один из ее перегибов).

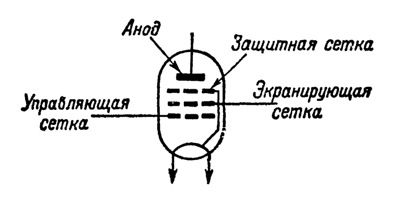
Захватывание — явление, происходящее при действии периодической внешней силы на систему, совершающую *автоколебания,* и состоящее в том, что частота создаваемых этой системой автоколебаний становится равной частоте внешнего воздействия (происходит «З. частоты») или в целое число раз меньшей, чем частота внешнего воздействия («З. на унтер-тоне»). В этом последнем случае имеет место деление частоты.

З. наступает всякий раз, когда частота внешнего воздействия оказывается близкой к частоте автоколебаний или приблизительно в целое число раз большей частоты автоколебаний. Его можно наблюдать в обычном регенераторе, работающем в режиме генерации, когда на него действует какая-либо внешняя э. д. с. достаточно большой амплитуды, например сигнал близкой передающей радиостанции.



Если изменять частоту настройки регенератора, то по мере приближения ее к частоте принимаемой станции в телефоне появляется тон *биений*, который постепенно понижается. В некоторой области вблизи совпадения частоты настройки регенератора с частотой колебаний принимаемой станции тон биений исчезает, затем появляется вновь и по мере увеличения расстройки постепенно повышается (см. рис.). Исчезновение тона биений в определенной области частот обусловлено тем, что на границе этой области частота собственных колебаний регенератора вследствие З. становится равной частоте принимаемой станции и остается равной ей во всей области, хотя настройка регенератора изменяется. Область, где тон биений исчезает, это и есть область З. Ее ширина тем больше, чем больше амплитуда внешней захватывающей э. д. с., т. е. чем сильнее колебания принимаемой станции. В генераторах, создающих колебания, близкие к синусоидальным, З. наблюдается только при малых расстройках. А в *генераторах релаксационных колебаний* возможно З. и при гораздо бóльших расстройках. Явление З. называют также принудительной синхронизацией.

Защитная сетка — третья *сетка в пентоде*, расположенная между *экранирующей сеткой* и *анодом* (см. рис.). З. с. обычно соединяется на-



коротко с катодом, вследствие чего существенно изменяется характер электрического поля вблизи анода. Без З. с. (в тетроде) электрическое поле у анода в случае, если напряжение на экранирующей сетке выше, чем на аноде, будет ускоряющим для *вторичных электронов*, летящих с анода. При З. с. электрическое поле между З. с. и анодом всегда будет тормозящим для вторичных электронов, летящих с анода. Следовательно, эти электроны снова возвращаются на анод. Таким образом, З. с. препятствует попаданию на экранирующую сетку вторичных электронов, вылетающих из анода, т. е. возникновению *динатронного эффекта*.

Звук — механические колебания, обычно колебания воздуха, действующие на органы слуха и создающие в них звуковые ощущения. Органы слуха человека ощущают только такие механические колебания, частота которых находится в пределах так называемого звукового диапазона, т. е. примерно от 15—20 *гц* до 15—16 *кгц*. Колебания более низкой частоты («инфразвуки») и более высокой частоты («уль-

тразвуки») не ощущаются человеческим ухом.

Звуковая бороздка — см. *Сигналоноситель.*

Звуковая дорожка — см. *Сигналоноситель.*

Звуковая мощность — энергия, которую переносит с собой звуковая волна за единицу времени. З. м., которую переносит волна через 1 *см*² площади, перпендикулярной к направлению распространения волны, характеризует интенсивность (силу) звука. Интенсивность звука измеряется в единицах *эрг/сек·см*² (*эрг/сек* — единица мощности в абсолютной системе СГС).

Звуковое давление — разность между давлением, существующим в данной точке пространства при прохождении звуковой волны, и давлением в той же точке при отсутствии звуковых волн. Единицей измерений З. д. является акбар (акустический бар), т. е. 1 *дн/см*². Большой бар (*Б*): *ньютон/м*² = = 10 *дн/см*² = 10 *акбар.*

Различают мгновенное З. д. (т. е. существующее в данный момент), эффективное З. д. (средняя эффективная величина мгновенного звукового давления в данной точке *звукового поля* за полный период), амплитудное З. д. (наибольшее значение за один период изменения), пиковое З. д. (наибольшее значение не периодически изменяющегося З. д., наблюдавшееся в течение определенного времени). При гармоническом изменении эффективное З. д. равно амплитудному значению, деленному на $\sqrt{2}$.

З. д. изменяется как во времени, так и в зависимости от координат рассматриваемой точки звукового поля. Изменение З. д., создаваемого обычными источниками звука (голосом, музыкальными инструментами), чаще всего не является периодическим. Исследование изменения звукового давления при исполнении речевой или музыкальной программы проводится на основе теории случайных процессов.

Звуковое кино — производство и демонстрация кинокартин с записью и воспроизведением соответствующего звукового сопровождения. Первая отечественная аппаратура *оптической записи* и воспроизведения звука, использовавшаяся в З. к., разработана под руководством А. Ф. Шорина и П. Г. Тагера.

В настоящее время, наряду с оптической, в З. к. широко применяется *магнитная запись звука.* При изготовлении позитива обычного звукового кинофильма запись звука наносится на так называемую звуковую дорожку рядом с кадрами изображения. В широкоэкранных и особенно в панорамных фильмах применяется *стереофоническая запись звука*, причем звуковое сопровождение записывается на нескольких дорожках, расположенных на специальной магнитной ленте. Эта запись воспроизводится синхронно с демонстрацией изображения. Стереофоническое звуковоспроизведение значительно способствует созданию эффекта непосредственного присутствия зрителей в месте действия, заснятом на кинофильме.

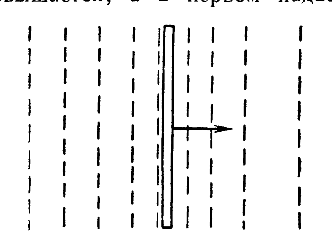
Звуковое поле — пространство, в котором распространяются звуковые волны.

Звуковой генератор — см. *Генератор звуковой частоты.*

Звуковые волны — упругие волны, частоты колебаний которых лежат в пределах *звуковых частот.* З. в. могут распространяться в любой среде (твердой, жидкой и газообразной). Они излучаются телом, находящимся в этой среде и совершающим *звуковые колебания.*

Характер возникающих звуковых волн определяется характером колебаний тела и свойствами среды. В простейшем случае, если пластинка, окруженная газом, совершает колебания в направлении, перпендикулярном ее плоскости (см. рис.), то в прилегающих к ней слоях воздуха возникают периоди-

ческие сжатия и разрежения. Разность давлений в прилегающем к пластинке слое и следующем вызывает движение частиц газа из слоя с бо́льшим давлением в слой с меньшим давлением. После того как давление газа в двух слоях выравнялось, частицы газа все еще продолжают движение по инерции, и поэтому давление во втором слое повышается, а в первом падает.



Вследствие этого начнется переход частиц из второго слоя в первый и третий слои. Давление во втором слое начнет падать, а в третьем и первом повышаться. Эти периодические движения частиц газа и изменения давления, распространяющиеся в направлении, перпендикулярном пластинке, и есть З. в. в газе.

Так как колебания частиц происходят вдоль направления распространения волны, то З. в. представляет собой в рассматриваемом случае *продольную волну*. В газах и жидкостях могут распространяться только продольные упругие волны, так как в жидкостях и газах действуют только силы давления между слоями, которые изменяются лишь в случае перехода частиц газа или жидкости из слоя в слой. В твердых телах упругие силы возникают между слоями при смещении частиц вдоль их границ (деформация сдвига); поэтому в твердых телах могут распространяться также и *поперечные волны*, при которых частицы колеблются в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны. В рассматриваемом случае, если бы пластинка колебалась параллельно своей поверхности, то в газе и жидкости З. в. не возникли бы, но могли бы распространяться в твердом теле, прочно скрепленном с пластинкой.

Если пластинка совершает *гармонические колебания*, то изменение давления газа (или жидкости) и скорости частиц в каждой точке происходит также по гармоническому закону. При гармонических колебаниях *длина волны* в какой-либо среде определяется соотношением $\lambda = vT$, где v — скорость З. в. в данной среде, а T — период волны. Скорость v зависит от свойств среды: она тем больше, чем больше упругость среды и чем меньше ее плотность; для упругих твердых тел v достигает 5000 *м/сек*, а для газов — сотен метров в секунду, в частности для воздуха $v \approx \approx 330$ *м/сек* (при температуре 0° С). Следовательно, длины З. в. воздуха находятся в пределах от 16 *м* до 2 *см* соответственно диапазону звуковых частот от 20 *гц* до 15 *кгц*.

Звуковые колебания — механические колебания, лежащие в пределах диапазона *звуковых частот*. Причины их возникновения весьма разнообразны. Чаще всего З. к. представляют собой собственные колебания, возникающие в упругих телах при резком нарушении равновесия, например при ударе. К ним, в частности, относятся З. к., возникающие в ударных и щипковых музыкальных инструментах. Другой тип З. к. — это *автоколебания*, например колебания струн смычковых инструментов и столба воздуха в духовых музыкальных инструментах. Третий тип З. к. — это *вынужденные колебания*, возбуждаемые переменной внешней силой, которая имеет часто не механическое, а электрическое происхождение. Например, в телефонах и громкоговорителях З. к. (мембраны, якоря, диффузора и т. д.) возбуждаются силами взаимодействия электрических токов

или токов и магнитов, или электрических зарядов.

Звуковые частоты — частоты колебаний, которые при акустическом воспроизведении сигнала могут вызвать слуховое восприятие. Эти частоты находятся приблизительно в пределах от 20 до 20 000 *гц*. Возможность слухового восприятия сигнала обусловлена как частотой, так и амплитудой сигнала (см. *Громкость*).

Звукозапись — фиксация электрических колебаний (полученных в результате воздействия звуковых колебаний на *микрофон* и последующего усиления) на движущемся *сигналоносителе*. В зависимости от способа фиксации различают *магнитную*, *механическую термопластическую* и *оптическую*. З. В каждом из этих видов З. используется соответствующий материал сигналоносителя и записывающее устройство, а также предусматривается возможность обратного преобразования записанных колебаний в звуковые.

Звукомерная камера — помещение для производства *акустических измерений*, все поверхности которого покрыты материалом, почти полностью поглощающим звуковую энергию. Вследствие этого отраженные звуки практически отсутствуют. Источник звука, помещенный в З. к., создает поле бегущей звуковой волны, аналогичное полю в условиях неограниченного свободного пространства. Тщательная *звукоизоляция* практически исключает возможность проникновения звуков из внешних помещений в З. к.

Звукомерный диск — миниатюрное плоское зеркальце, подвешенное на тончайшей капроновой нити и используемое при *акустических измерениях*. В исходном положении З. д. устанавливается под углом 45° к направлению распространения звуковой волны. При воздействии звуковых колебаний З. д. стремится занять положение, перпендикулярное к потоку звуковой энергии. Угол поворота диска пропорционален колебательной скорости частиц среды в звуковой волне и отсчитывается с помощью оптической системы по отклонению светового «зайчика» на полупрозрачной шкале. Измеренная колебательная скорость позволяет (по известным в теории *звукового поля* соотношениям) определить *звуковое давление*.

Звуконоситель — см. *Сигналоноситель*.

Звукосниматель (адаптер) — прибор, превращающий механические колебания иглы (например, при воспроизведении механической записи звука на граммофонной пластинке) в электрические колебания для их дальнейшего усиления и воспроизведения с помощью *громкоговорителя*. Наиболее распространены пьезоэлектрические З., в которых колебания иглы вызывают соответствующие деформации пьезоэлектрической пластины, а следовательно, появление электрического напряжения на ее электродах. Почти вышедшие из употребления электромагнитные З. обладают более низкими качественными показателями.

З. широко применяется в *радиолах* и электропроигрывателях. Выход З. подключается к усилителю электрических сигналов *звуковых частот* (усилителю низкой частоты). Для проигрывания долгоиграющих и обычных пластинок соответственно применяются сапфировые (или корундовые) иглы разного профиля. Специальная поворотная каретка в положении О (обычная) и Д (долгоиграющая) позволяет применить иглу требуемого профиля. Для проигрывания пластинок *стереофонической записи* применяются специальные З., игла которых может совершать колебания в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Эти З. имеют две пьезоэлектрические пластинки, каждая из которых возбуждается при колебаниях иглы в оп-

ределенном направлении. Таким образом осуществляется раздельное воспроизведение сигналов правого и левого каналов стереофонической записи. Эти сигналы усиливаются двумя самостоятельными усилителями и акустически воспроизводятся соответствующими громкоговорителями.

Звукоусиление — см. *Системы звукоусиления.*

Земной луч — то же, что *поверхностная волна.*

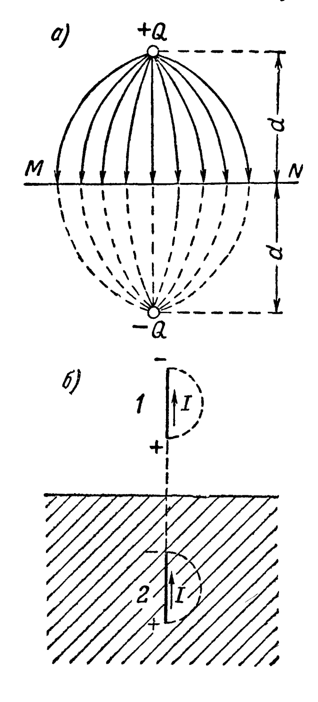
Зеркальная помеха — см. *Зеркальная частота.*

Зеркальная частота — частота в *супергетеродинах*, расположенная симметрично («зеркально») с частотой настройки по отношению к частоте гетеродина. Например, если промежуточная частота супергетеродина равна 500 *кгц* и он настроен на частоту сигнала 1500 *кгц*, а частота гетеродина при этом равна 2000 *кгц*, то З. ч. равна 2500 *кгц*.

Если сигналы мешающей станции, работающей на З. ч., попадают в смеситель, то они преобразуются в колебания той же промежуточной частоты и усиливаются усилителем промежуточной частоты так же, как и полезные сигналы. Этот путь проникновения в приемник мешающих сигналов называется «зеркальным каналом», а сама помеха — зеркальной помехой. Таким образом, для сигналов З. ч. супергетеродин не обладает избирательностью по промежуточной частоте. Устранение зеркальных помех в супергетеродинах осуществляется предварительной *селекцией.*

Зеркальное изображение (электрического заряда) — фиктивный электрический заряд, вводимый для упрощения задачи об определении электрического поля зарядов, расположенных около плоской границы проводника. Применение метода З. и. может пояснить следующий простейший пример (см. рис. *а*). На расстоянии d над проводящей пластиной MN расположен положительный заряд $+Q$. Он создает электрическое поле, силовые линии которого кончаются на зарядах, индуцированных на пластине MN (см. *Электростатическая индукция*).

Электрическое поле в пространстве между этим зарядом и пластиной MN не изменится, если пластину убрать и вместо нее расположить так, как показано на рис. *а*,



отрицательный заряд $-Q$, по величине равный заряду $+Q$. Как видно, заряды $+Q$ и $-Q$ расположены по обе стороны от MN на одной прямой линии, перпендикулярной MN, и на расстоянии d от MN. «Добавочное» поле, появившееся в результате замены пластины MN зарядом $-Q$, изображено на рис. *а* пунктиром.

Таким образом, действие проводящей пластины может быть замене-

но воображаемым зарядом $-Q$, который и называется З. и. заряда $+Q$, потому что он расположен по отношению к $+Q$ так же, как изображение предмета в плоском зеркале. Введение З. и. заряда позволяет учесть действие любого проводника, ограниченного плоскостью, например действие Земли. Метод З. и. применим и для движущихся зарядов. В частности, он широко используется для учета влияния Земли на передающие и приемные антенны.

Если, например (см. рис. *б*), над Землей расположен *диполь*, на концах которого в данный момент расположены заряды указанных на рис. *б* знаков, то влияние Земли может быть учтено введением воображаемого диполя *2*, представляющего собой З. и. диполя *1*. Знаки зарядов этих диполей противоположны друг другу, и поэтому токи в обоих диполях в каждый момент текут в одном и том же направлении. Следовательно, поле, создаваемое диполем *1* в присутствии Земли, может быть найдено как результирующее поле двух диполей *1* и *2*, питаемых в фазе. При этом Земля считается отсутствующей, так как ее влияние учтено введением воображаемого диполя *2*. Соответственно этому диаграмма направленности диполя *1* над Землей имеет такой же вид, как диаграмма направленности системы двух диполей *1* и *2* в отсутствии Земли.

Зеркальный канал — см. *Зеркальная частота*.

Знаковая электронно-лучевая трубка — трубка, в которой сечение электронного луча на экране может принимать форму тех или иных знаков из некоторого набора (см. *Характрон*).

Значок «Почетный радист» — учрежден постановлением Совета Народных Комиссаров СССР от 2 мая 1945 г. в ознаменование 50-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым. Значком награждаются лица, способствовавшие развитию радио своими достижениями в области науки и техники, производства и эксплуатации радиоаппаратуры и организации радиовещания.

Золотая медаль имени А. С. Попова — медаль, учрежденная в ознаменование 50-летия со дня изобретения радио постановлением Совета Народных Комиссаров СССР от 2 мая 1945 г. «в целях увековечения памяти изобретателя радио А. С. Попова». Присуждается Академией наук СССР советским и зарубежным ученым за выдающиеся научные работы и изобретения в области радио.

Золотую медаль имени А. С. Попова получили: в 1947 г. — чл.-корр. Академии наук СССР В. П. Вологдин, в 1948 г. — акад. Б. А. Введенский, в 1949 г. — чл.-корр. Академии наук СССР А. Л. Минц, в 1950 г. — акад. А. И. Берг, в 1952 г. — акад. М. А. Леонтович, в 1956 г. — чл.-корр. Академии наук СССР А. А. Пистолькорс, в 1959 г. — английский ученый Эссен и советский радиофизик проф. С. М. Рытов, в 1962 г. — акад. С. А. Векшинский, в 1965 г.— проф. С. Э. Хайкин.

Зона индукции — область, в которой *электромагнитную индукцию* можно рассматривать, не учитывая времени распространения электромагнитного поля между цепями, в которых происходит это явление. Если процессы, которыми сопровождается индукция, носят периодический характер, например в одной из цепей действует периодическая э. д. с. с периодом T, то пренебрегать временем τ распространения полей между цепями можно в тех случаях, когда τ мало по сравнению с T. Время $\tau = d/v$, где d — расстояние между цепями, а v — скорость распространения электромагнитного поля. Так как, с другой стороны, длина волны $\lambda = vT$, или $T = \lambda/v$, то условие $\tau \ll T$ эквивалентно условию $d \ll \lambda$. Таким образом, З. и. вокруг

всякой электрической цепи простирается на расстояния, в несколько раз меньшие, чем длина электромагнитной волны, соответствующая частоте токов, протекающих в рассматриваемой цепи.

Зона интерференции — область, в которую радиоволны от какого-либо принимаемого передатчика могут приходить несколькими различными путями, например в виде *поверхностной волны* и *пространственной волны*, вследствие чего в этой области происходит *интерференция радиоволн*. Если *разность хода* интерферирующих волн меняется, то положение интерференционных максимумов и минимумов смещается в пространстве, и в той точке, где прежде был максимум интерференционной картины, может через некоторое время образоваться минимум. Поэтому во всей З. и. могут наблюдаться *интерференционные замирания*.

Зона молчания — область между зонами слышимости, в пределах которой наблюдается полное отсутствие приема какой-либо коротковолновой передающей радиостанции. Возникновение З. м. объясняется особенностями распространения *коротких волн*. Поверхностная волна, распространяющаяся вблизи Земли, сильно поглощается последней и на сравнительно небольшом расстоянии от передатчика, порядка нескольких десятков километров, практически полностью затухает. Пространственная волна, отразившись от ионосферы, возвращается на Землю обычно на гораздо большем расстоянии — порядка сотен или тысяч километров. В области, до которой поверхностная волна уже не доходит и в которую не проникает пространственная волна, и образуется З. м.

Зона нечувствительности — диапазон значений сигналов на входе какого-либо устройства, при котором не возникают ответные реакции на выходе (при этом на вход должны подаваться сигналы различных знаков). Величина З. н. определяется пороговыми значениями входных сигналов разных знаков и зависит от конструктивного выполнения данного устройства, вида используемой энергии и др. З. н. создает дополнительные погрешности в автоматических системах, а также вызывает неустойчивость и, в некоторых случаях, автоколебания. Влияние З. н. на работу автоматической системы зависит от амплитуды входных сигналов. При малых входных сигналах, не превосходящих пороговое значение, автоматическая система не работает. При больших амплитудах, во много раз превосходящих пороговые значения, влияние З. н. становится практически ничтожным. При амплитудах, соизмеримых с пороговым значением, З. н. резко уменьшает общее усиление устройства.

Зона проводимости — см. *Зонная теория*.

Зона размытости (ТВ) — зона перехода яркости от темного к светлому (или наоборот) в изображении резкой границы между темным и светлым. З. р. измеряется расстоянием вдоль *строки*, где яркость возрастает от 0,1 до 0,9 полного перепада, или проекцией на ось x (строки) отрезка касательной к *переходной характеристике телевизионной системы* в точке максимальной ее крутизны.

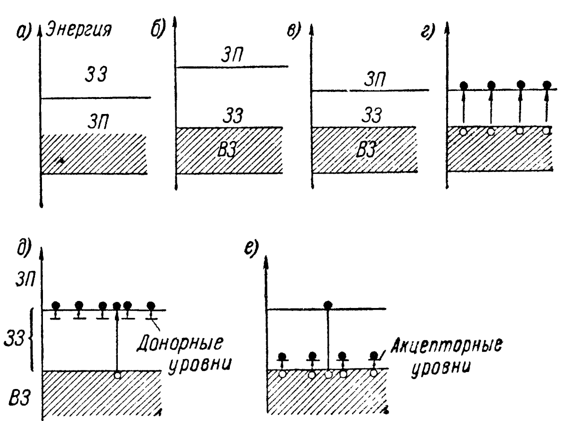
Зонд (электрический зонд) — устройство для исследования *распределения потенциала* или напряженности электрического поля в пространстве. Обычно З. представляет собой небольшой металлический проводник (стерженек, петельку и т. п.), вводимый в исследуемое поле и соединенный с соответствующим измерительным устройством. Для действия З. необходимо, чтобы З. принимал потенциал той точки пространства, в которой он находится. Это достигается применением специальных мер, создающих вокруг З. свобод-

ные электрические заряды (например, накаливанием З., помещением на З. радиоактивного препарата).

Зонд акустический — см. *Акустический зонд.*

Зонды (в технике сверхвысоких частот) — антенны малых размеров в виде вибраторов, петель и т. п., помещенные в поле электромагнитной волны и служащие для измерения напряженности ее поля, определения расположения ее узлов и пучностей и т. п. К З. присоединяется детектор для сверхвысоких частот, и полученная после него постоянная составляющая тока измеряется чувствительным прибором. Если З. помещен в поле модулированной волны, то для повышения чувствительности применяется усилитель полученного после детектора модулирующего напряжения.

Зонная теория — теория, объясняющая электрические свойства металлов, полупроводников и диэлектриков с позиций квантовой механики. Важным понятием является энергетическое состояние электрона: совокупность его потенциальной и кинетической энергий. Согласно З. т. энергия электрона в твердом теле может изменяться в некоторых интервалах практически непрерывно, но одновременно существуют интервалы значений энергии, которые электрон может преодолевать только скачком. Таким образом, вводится представление о разрешенных и запрещенных зонах (энергии). Для наглядного представления этих зон З. т. широко использует энергетические схемы, типа показанных на рис. *а — г*, причем границы разрешенных зон обозначаются горизонтальными линиями. Строго говоря, энергия электрона даже в пределах разрешенных зон может изменяться не плавно, а скачками от одного уровня к другому, но здесь эти разрешенные уровни, или состояния, расположены очень близко друг к другу. Тем не менее одно из важнейших положений — *Паули принцип* — состоит в том, что ни одно из разрешенных состояний не может быть занято одновременно более чем одним электроном.



Несмотря на существование целого ряда разрешенных и запрещенных зон, для электронной техники наибольший интерес представляют зона, соответствующая энергиям валентных электронов (наиболее удаленных от атомного ядра) — валентная, или заполненная, зона (*ВЗ*) и следующая за ней

разрешенная — зона проводимости (*ЗП*), которая в зависимости от структуры атомов данного вещества может быть либо пустой (свободной), либо частично заполненной. Расположение и характер заполнения этих зон электронами всецело определяют электропроводность твердых тел в отсутствии примесей и искажений кристаллической решетки. Дело в том, что в пределах полностью заполненной зоны (свободные уровни отсутствуют) электроны не могут менять свою энергию, а следовательно, не могут и вступать в новое движение под действием электрического поля. Электрон может стать свободным носителем заряда лишь занимая состояние, вблизи которого имеются свободные разрешенные уровни (в частично заполненной зоне), либо в результате перехода из *ВЗ* в свободную *ЗП*.

У металлов-проводников имеется частично заполненная *ЗП* (см. рис. *а*), что и определяет их хорошую электропроводность. У диэлектриков *ВЗ* отделена от свободной *ЗП* достаточно широкой *ЗЗ* (см. рис. *б*), через которую в нормальных условиях валентные электроны перейти не могут. Следствием этого является исключительно плохая электропроводность диэлектрика. Лишь при очень высоких напряженностях электрического поля возможна передача валентным электронам значительной энергии, достаточной для их переброса в *ЗП*, причем происходит пробой диэлектрика. У полупроводника *ЗЗ* значительно у́же, чем у диэлектриков (см. рис. *в*) и все же, если исключить какие-либо энергетические воздействия (сильно охладить полупроводник и защитить от облучений светом, космическими частицами и др.), то он будет вести себя так же, как диэлектрик. Однако в нормальных условиях благодаря тепловым колебаниям кристаллической решетки некоторая часть валентных электронов систематически получает приращение энергии, превышающее ширину *ЗЗ*, и перебрасывается в *ЗП* (см. рис. *г*). Хотя количество освобожденных по этой причине электронов невелико, они способны создавать заметный ток в полупроводнике. В связи с перебросом части электронов в *ЗП* одновременно освобождается такое же количество уровней в *ВЗ*, называемых *дырками*. Появление дырок делает возможным переходы электронов с одного уровня на другой и в пределах *ВЗ*. Прохождение тока через полупроводник за счет движения электронов в *ВЗ* с дырками называется *дырочной проводимостью*.

З. т. наглядно объясняет зависимость электропроводности полупроводников от температуры: с повышением температуры все большее количество электронов забрасывается в *ЗП*, количество носителей заряда (пар электрон — дырка) возрастает и электропроводность улучшается. В одинаковых условиях электропроводность тех полупроводников лучше, у которых уже *ЗЗ*.

З. т. объясняет также влияние примесей на электропроводность полупроводников. Введение в полупроводник в качестве примесей некоторых веществ приводит к появлению дополнительных энергетических уровней, которые могут располагаться внутри *ЗЗ*. Если эти так называемые примесные уровни располагаются вблизи *ЗП* (в случае донорной примеси), то электроны примесных атомов легко переходят в *ЗП* и увеличивают проводимость полупроводника, придавая ей электронный характер (концентрация свободных электронов превышает концентрацию дырок, см. рис. *д*). Если примесные уровни располагаются вблизи *ВЗ* (в случае акцепторной примеси), то на них легко переходят электроны из *ВЗ*, в которой появляются при этом дополнительные дырки, и проводимость полупроводника при-

обретает дырочный характер (концентрация дырок превышает концентрацию свободных электронов, см. рис. *е*). Расстояние примесных уровней от ближайшей разрешенной зоны на энергетической схеме зависит от структуры как примесных атомов, так и атомов основного полупроводника. Это расстояние называется энергией ионизации примесных атомов.

К полупроводникам относят вещества, у которых ширина *ЗЗ* не превышает примерно 1,5 *э·в* (см. *Электроновольт*). Энергия ионизации используемых в технике донорных и акцепторных примесей составляет 0,01—0,05 *э·в*. Средняя энергия теплового возбуждения при комнатной температуре равна 0,025 *э·в*. Обычно в полупроводниках лишь малая часть электронов перебрасывается тепловой энергией из *ВЗ* в *ЗП*, зато примесные уровни практически полностью ионизируются. Поэтому введение в чистый полупроводник ничтожных количеств примесей (например, в пропорции 1 *мг* примеси на 1 *т* полупроводника) во много раз увеличивает электропроводность.

Зуммер — см. *Пищик*.

И

Игнитрон — мощный управляемый ионный выпрямительный прибор с жидким ртутным катодом. Принцип работы его во многом подобен работе *ртутного выпрямителя*, однако, в отличие от последнего, И. имеет только один анод. В начале каждого положительного полупериода дуговой разряд зажигается заново специальным поджигающим электродом, а наличие лишь одного анода практически почти исключает *обратное зажигание*. Момент поджигания в положительный полупериод можно регулировать посредством специальной схемы и тем самым регулировать величину выпрямленного тока. Во время короткого импульса И. может пропускать ток много больший нормального. Коэффициент полезного действия И. практически такой же, как у ртутного выпрямителя (90—99%).

Игр теория — математическая дисциплина, являющаяся разделом *кибернетики* и позволяющая установить количественные закономерности и характеристики в конфликтных ситуациях — играх, когда сталкиваются интересы двух или более сторон. Примерами конфликтных ситуаций являются позиции в обычных играх (шахматы, шашки, карты и т. д.), а также и более серьезные столкновения двух сторон (военные действия, конкурентная борьба и т. д.). Построение математической модели игры требует полной формализации всех правил и оценок. Моделирование игры возможно, но оно почти всегда приводит к необходимости некоторого упрощения реальной конфликтной ситуации. Достоинством такой формализации является то, что она дает возможность свести правила ведения игры к построению *алгоритма* и, используя универсальные цифровые вычислительные машины, найти оптимальный вариант стратегии в игре, обеспечивающий максимальный выигрыш или минимальный проигрыш. В остро конфликтных ситуациях окончательное решение остается за человеком, который может включить в стратегию ведения игры и такие элементы, которые машина принципиально не может выработать.

«Идеальная» передающая трубка — гипотетическая телевизионная передающая трубка, в которой единственным источником шума является *дробсвой эффект* светового потока, состоящего из отдельных квантов, число которых в единицу времени флуктуирует около среднего значения. В И. п. т. фотокатод должен иметь квантовый выход, равный единице, т. е. каждый квант

света должен освобождать один электрон.

Избирательность колебательного контура — способность колебательного контура выделять из всех действующих на него гармонических колебаний те, частота которых совпадает с собственной частотой контура или близка к ней. Эта способность обусловлена *резонансом* и проявляется тем сильнее, чем резче выражен резонанс в колебательном контуре, т. е. чем выше *добротность контура*.

Пусть на колебательный контур с добротностью Q действуют две гармонических э. д. с. E_1 и E_2 равной амплитуды, причем частота первой э. д. с. ν_1 совпадает с собственной частотой контура, а частота второй ν_2 отличается от собственной частоты контура на небольшую величину $\Delta\nu$ (т. е. $\Delta\nu/\nu_1$ заметно меньше единицы). Тогда отношение амплитуд токов I_1 и I_2, возникших в контуре под действием E_1 и E_2, приближенно выразится так:

$$\frac{I_1}{I_2} \approx 2Q\,\frac{\Delta\nu}{\nu_1}.$$

Таким образом, по мере увеличения относительной расстройки $\Delta\nu/\nu_1$ результат воздействия э. д. с. E_2 становится все слабее по сравнению с результатом воздействия э. д. с. E_1, и это ослабление тем более заметно, чем больше добротность контура Q. Добротность колебательных контуров при тщательном их выполнении на не очень высоких частотах может быть доведена до 100—200. Следовательно, например, при относительной расстройке в 5% $\left(\frac{\Delta\nu}{\nu_1} = 0{,}05\right)$ ток, созданный э. д. с. E_1, будет в 10—20 раз сильнее тока, созданного э. д. с. E_2.

Избирательность (селективность) радиоприемника — способность радиоприемника выделять из всех различных по частоте сигналов только те из них, на частоту которых он настроен. И. р. достигается применением колебательных контуров (см. *Избирательность колебательного контура*).

Число передающих радиостанций, воздействующих на антенну радиоприемника, обычно велико. Поэтому приемник должен обладать высокой избирательностью, т. е. во много раз ослаблять прием сигналов тех мешающих станций, которые даже незначительно отличаются по частоте от принимаемой. Радиовещательные станции, работающие в диапазоне средних волн, могут отличаться по частоте лишь на 10 *кгц* (такова ширина канала, отводимого каждой радиовещательной станции). Следовательно, уже при расстройке на 10 *кгц* радиовещательный приемник должен значительно ослаблять сигналы мешающей станции по сравнению с сигналами той станции, на которую он настроен. Для получения высокой И. р. приходится применять несколько колебательных контуров. Преобразование частоты, применяемое в *супергетеродинах*, позволяет еще более повысить И. р.

Избыточность — количественная характеристика возможности представления любого сообщения в более короткой форме. Для сообщений, закодированных в виде *дискретных сигналов*, И. измеряется отношением количества элементов кода, которые могут быть устранены из него, к исходному количеству элементов. Понятие И. можно пояснить следующими рассуждениями. В русском алфавите содержится 32 буквы. Если задаться длиной слова в три буквы, то общее количество различных слов, которое можно составить, пользуясь нашим алфавитом, достигнет $32^3 = 32\,768$ слов, т. е. значительно больше, чем мы употребляем в повседневной речи. В то же время средняя длина слова в русском языке составляет около 6 букв. Следовательно, все наши сообщения оказываются при-

мерно в два раза длиннее, чем могли бы быть при применении безизбыточного способа кодирования, т. е. наш язык характеризуется И., равной около 50%.

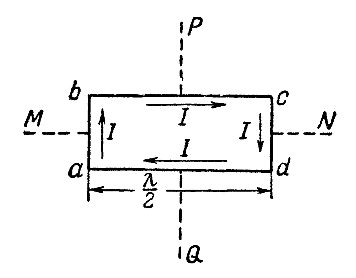
Однако, несмотря на неэкономичность И., она дает в ряде случаев и существенные преимущества, повышая надежность и достоверность при передаче и обработке *информации*. Обращаясь к рассмотренному примеру образования слов, отметим, что при экономичном кодировании любое новое трехзначное сочетание (слов) будет соответствовать некоторому новому понятию. Следовательно, любая ошибка, заключающаяся в замене только одной буквы в слове другой буквой, приведет к появлению на приемном конце канала связи нового осмысленного слова. Между тем система кодирования с И., сложившаяся в живых языках, дает возможность, как правило, легко обнаруживать наличие даже многократных ошибок и мысленно исправить их. Так, прочитав слова «инфармация», «текника», «тлансмарматор», мы почти всегда догадаемся, что речь идет об информации, технике, трансформаторе. То же относится и к проблеме *опознания образов* — чем большее количество деталей распознаваемого объекта становится нам известно, тем безошибочнее мы можем выделить этот объект из числа других, сходных с ним. С целью повышения помехоустойчивости систем передачи и обработки информации иногда при кодировании в сообщения специально вводится И. (см. *Корректирующие коды*). И. кодирования и структур является основой высокой надежности биологических организмов (см. *Бионика*).

Избыточные носители (в полупроводниках) — электроны и дырки, концентрация которых превышает равновесную (см. *Равновесная концентрация*).

Избыточный шум — см. *Полупроводниковый шум*.

«Известия электропромышленности слабого тока» (ИЭСТ) — ежемесячный журнал, орган Всесоюзного объединения электрослаботочной промышленности, издававшийся в Ленинграде в 1932—1941 гг. В ИЭСТ влился в 1933 г. журнал «Техника радио и слабого тока», преобразованный из журнала «Телеграфия и телефония без проводов» и «Вестника электротехники». Одним из редакторов ИЭСТ до последних дней своей жизни был проф. В. К. Лебединский.

Излучение радиоволн — возникновение *электромагнитных волн*, относящихся к диапазону радиоволн. Радиоволны возникают вокруг проводов, в которых протекают переменные токи достаточно высокой частоты.



Простейший и вместе с тем важный случай И. р. — это возбуждение радиоволн *вибраторами*. Обычно вибратор можно представить состоящим из отдельных элементов, длина которых мала по сравнению с длиной излучаемых волн. Поэтому величина тока вдоль каждого такого элемента практически одинакова, т. е. каждый участок можно рассматривать как *вибратор Герца*. Таким образом, любой вибратор можно заменить достаточно большим числом вибраторов Герца.

Переменное электромагнитное поле вибратора, длина которого сравнима с длиной излучаемой волны, может существенно отли-

чаться по конфигурации от поля вибратора Герца. Но их общей характерной чертой является то, что, начиная с расстояния в несколько длин волн, от вибратора в любом направлении напряженности электрического и магнитного полей убывают обратно пропорционально расстоянию от вибратора. Вследствие этого через всякую окружающую вибратор сферу, радиус которой превышает несколько длин волн, протекает одно и то же количество электромагнитной энергии, которое не возвращается к вибратору. Электромагнитное поле теряет связь с вибратором и в виде радиоволн распространяется в окружающем пространстве; это и есть процесс И. р. вибратором. При этом для поддержания переменного тока в вибраторе к нему нужно подводить энергию, которая покрывает не только тепловые потери в вибраторе, но и потерю той энергии, которую уносят с собой излучаемые радиоволны.

Пока длина вибратора не превышает половины длины излучаемой волны, токи во всех участках вибратора имеют одинаковое направление. Поэтому поле вибратора представляет собой результирующее поле системы вибраторов Герца, расположенных вдоль одной прямой и имеющих токи одинакового направления. Конфигурация поля такого вибратора не отличается существенно от поля вибратора Герца. В частности, так же, как и у вибратора Герца, наибольшая мощность излучается в экваториальной плоскости.

В случае вибратора, длина которого превышает половину длины волны, фазы токов, текущих в разных участках вибратора, могут быть противоположны. Вследствие этого конфигурация поля такого вибратора может существенно отличаться от конфигурации поля вибратора Герца. Например, вибратор, длина которого равна длине волны, совсем не излучает в экваториальной плоскости, а сильнее всего излучает в направлениях, лежащих под углом 45° к этой плоскости. В направлении своей оси любой вибратор, независимо от длины, вообще не излучает, как и все вибраторы Герца, которыми он может быть заменен.

И. р. свойственно не только вибраторам, но и замкнутым контурам. Пока частота тока в контуре невелика, так что соответствующая ей длина волны много больше размеров контура, *разность хода* между любыми двумя участками контура и каждой точкой пространства мала по сравнению с длиной волны. Поэтому отдельные противолежащие друг другу участки замкнутого контура, для которых токи имеют в пространстве противоположные направления, создают электромагнитные поля, компенсирующие друг друга. Вследствие этого напряженности электрического и магнитного полей убывают быстрее, чем обратно пропорционально расстоянию. В таком случае энергия радиоволн, прошедшая через сферу меньшего радиуса, превышает ту, которая проходит через сферу большего радиуса, и через сферу достаточно большого радиуса практически энергия наружу не течет. Это значит, что вся электромагнитная энергия контура сосредоточена в ограниченной области пространства, окружающей контур, и не теряет связи с ним. И. р. в этом случае практически отсутствует.

Если же частота питающего контур тока достаточно велика, так что соответствующая длина волны λ становится сравнимой с какими-либо размерами контура, то закон убывания электромагнитного поля с расстоянием становится иным. Например, для контура, изображенного на рис., в направлениях M или N электромагнитные поля, создаваемые участками ab и cd, имеют разность хода, равную $\lambda/2$, и в каждой данной точке пространства сдвинуты по фазе на 180°. Так как

токи в участках ab и cd направлены навстречу, то эти поля оказываются в фазе и усиливают друг друга. Вследствие этого электромагнитные поля в направлениях M и N убывают гораздо медленнее, чем в предыдущем случае, а именно обратно пропорционально расстоянию. В направлении, перпендикулярном к плоскости контура $abcd$, разность хода равна нулю и, следовательно, поля, созданные участками ab и cd или ad и bc, будут в противофазе и вследствие этого взаимно ослаблять друг друга. Напряженности полей поэтому будут убывать быстрее, чем обратно пропорционально расстоянию, и И. р. в этом направлении будет отсутствовать. Но в областях, прилегающих к направлению MN, электромагнитное поле частично теряет связь с контуром и в виде радиоволн распространяется все дальше и дальше — происходит И. р. Однако диаграммы направленности контура и вибратора могут существенно отличаться друг от друга. Например, рассмотренный контур больше всего излучает в направлениях M и N, гораздо слабее в направлениях P и Q (так как для них разность хода меньше $\lambda/2$) и совсем не излучает в направлениях, перпендикулярных к плоскости контура.

При достаточно высокой частоте, когда длина волны становится сравнимой с размерами замкнутого контура, И. р. этим контуром становится значительным.

Измерители частоты — приборы, предназначенные для измерения частоты переменных токов. Простейшим И. ч. для технического переменного тока является резонансный вибрационный частотомер, в котором переменный ток, питая электромагнит, возбуждает вынужденные колебания стальных вибраторов, имеющих различные частоты собственных колебаний. Вследствие *резонанса* сильнее всего колеблется тот вибратор, собственная частота которого совпадает с частотой питающего тока. В стрелочных И. ч. для переменных токов звуковой частоты она определяется, например, по отношению токов в двух ветвях, одна из которых представляет собой *емкостное сопротивление*, а другая *индуктивное сопротивление*. Применяются и другие типы стрелочных измерителей частоты. В области высоких частот И. ч. служат *волномеры* различных типов.

Измеритель выхода — обычно чувствительный измерительный прибор постоянного тока в комбинации с полупроводниковым диодом, имеющим большое внутреннее сопротивление; предназначен для измерения переменных напряжений на выходе радиоприемника или усилителя. Такой прибор не требует источников питания и поэтому более удобен, чем ламповый вольтметр.

Измеритель напряженности поля — специальный радиоприемник, предназначенный для измерения напряженности полей радиостанции. Усиление И. н. п. можно изменять в широких пределах и точно определять с помощью калибровки. И. н. п. имеет измерительный прибор на выходе и штыревую антенну определенных размеров. Это позволяет измеренное напряжение на выходе приемника пересчитывать на напряженность поля.

Измеритель нелинейных искажений — прибор для определения *коэффициента нелинейных искажений*, вносимых в тракте прохождения сигнала тем или иным его участком (линией, усилителем и т. п.), или искажений, создаваемых на выходе генераторов синусоидальных колебаний звуковой частоты. На вход испытуемого усилителя (или другого участка тракта прохождения сигнала) подается синусоидальное напряжение той или иной частоты, а выход его присоединяется к И. н. и.

Принцип измерения состоит в том, что сигнал первоначально по-

падает непосредственно на ламповый вольтметр с квадратичной зависимостью, который, независимо от формы сигнала, показывает действующее значение напряжения:

$$U_с = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \ldots},$$

где U_1, U_2, U_3, ... — действующие значения напряжений первой гармоники (основной частоты), второй, третьей и т. д.

После переключения тот же сигнал поступает на вольтметр через фильтр, подавляющий первую гармонику, т. е. на вольтметр поступает действующее значение напряжения всех гармоник без первой:

$$U_г = \sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \ldots}$$

Отношение

$$\frac{U_г}{U_с} = k'_ф = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \ldots}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \ldots}}$$

представляет собой так называемый «измеренный коэффициент нелинейных искажений», несколько отличающийся от обычного выражения

$$k_ф = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \ldots}}{U_1}$$

и связанный с ним формулой

$$k'_ф = \frac{k}{\sqrt{1 + k_ф^2}}.$$

Измерение $k'_ф$ произвести практически легче, чем $k_ф$. При $k_ф < 0{,}25$ (что почти всегда имеет место)

$$k_ф \approx k'_ф.$$

Чтобы получить значение $k'_ф$, нет нужды измерять $U_г$ и $U_с$ и потом делить их друг на друга. При подаче на вольтметр всего сигнала $U_с$ (при отключенном фильтре) производят калибровку, т. е. регулируют величину сигнала так, чтобы стрелка прибора установилась при каждом измерении на определенном делении шкалы. Это значение сигнала принимается за единицу. Тогда при втором измерении, т. е. при подаче на вольтметр величины $U_г$ (при включенном фильтре), шкалу вольтметра можно отградуировать непосредственно в значениях $k'_ф$.

Обычно $k'_ф$ выражают в процентах:

$$k'_ф\,[\%] = \frac{U_г}{U_с} \cdot 100$$

Можно так же, как и всякое отношение двух напряжений, измерить $k'_ф$ в логарифмических единицах, например в *децибелах*:

$$k'_ф\,[дб] = 20 \lg k'_ф,$$

если $k'_ф$ выражено в виде отношения $U_г/U_с$, или

$$k'_ф\,[дб] = 20 \lg k'_ф\,[\%] - 40,$$

при выражении $k'_ф$ в процентах, т. е.

$$\frac{U_г}{U_с} \cdot 100.$$

Измеритель помех — прибор, совершенно идентичный *измерителю напряженности поля*, но предназначенный для измерения напряженности полей помех, носящих шумовой характер (атмосферных, индустриальных). Калибровку И. п. обычно осуществляют при помощи *генератора шумов*, работающего, как правило, на *шумовом диоде*.

Измерительная линия — *длинная линия*, снабженная устройством для измерений напряжений в разных ее точках. Применяются И. л., главным образом, в диапазоне волн короче метра (на более длинных волнах И. л. получаются слишком громоздкими). На сантиметровых и миллиметровых волнах в качестве И. л. используются *волноводы*, а на дециметровых волнах — коаксиальные И. л.

Устройство для измерения напряжений представляет собой штырек (*зонд*), погруженный внутрь ли-

нии через специально прорезанную щель, вдоль которой он может передвигаться, и присоединенный через детектор (а часто и усилитель) к измерительному прибору. К началу И. л. присоединяется генератор высокой частоты, к концу ее — испытуемая нагрузка. Измеряя напряжение вдоль И. л., можно определить отношение амплитуды *стоячей электромагнитной волны* к амплитуде *бегущей электромагнитной волны* в линии. Это позволяет определить все основные параметры испытуемой нагрузки, найти наилучшие условия согласования ее с И. л. (см. *Согласованная нагрузка*) и т. д.

Изокон — передающая телевизионная трубка типа *суперортикон*. Однако обратный ток луча имеет в И. другую полярность модуляции: при передаче темного участка обратный ток минимален. Благодаря этому шумы в И., определяемые флуктуациями тока луча, меньше, чем в суперортиконе.

Изотропная среда — среда, свойства которой во всех направлениях одинаковы, например *диэлектрическая проницаемость* одинакова для всех направлений электрического поля. Газы и жидкости обычно являются И. с., так как образующие их молекулы, хотя и обладают определенной структурой, при которой их свойства в разных направлениях могут быть различны, но вследствие беспорядочного расположения молекул газа или жидкости свойства среды в среднем оказываются одинаковыми во всех направлениях. В случае твердых тел отдельные кристаллы обычно обладают разными свойствами в разных направлениях, но если твердое тело не представляет собой единого кристалла (монокристалла), а состоит из большого числа мелких кристаллов (поликристаллическое тело), то при их беспорядочном расположении тело по тем же причинам, что газы и жидкости, является И. с. Если под влиянием внешних воздействий, например при деформации (для твердого тела) или под действием электрического поля определенного направления, беспорядочное расположение монокристаллов в твердом теле или молекул в газе и жидкости в той или иной мере упорядочивается, то свойства среды в разных направлениях могут оказаться различными — она превращается в *анизотропную среду*.

Изотропный излучатель — воображаемый излучатель (например, антенна), излучающий равномерно во всех направлениях. Осуществить реальную антенну с такими свойствами невозможно. И. и. применяется в теоретических расчетах, связанных с определением *направленного действия антенн*.

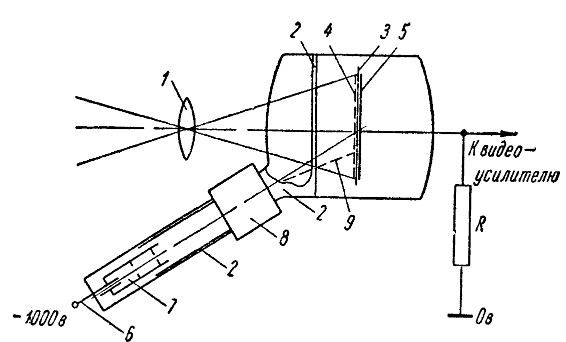
Иконоскоп — первая *передающая телевизионная трубка*, использовавшая *принцип накопления зарядов*. Первые варианты подобных трубок содержались в предложениях К. Тиханьи (Венгрия) и Ф. Анрото (Канада) в 1928—1930 гг. А. П. Константинов (СССР) в 1930 г. также предложил трубку с накоплением зарядов. В 1931 г. С. И. Катаев (СССР) и В. К. Зворыкин (США) независимо друг от друга предложили трубку, названную потом И. В 1932 г. Зворыкину удалось построить И., с которого началось современное электронное телевидение.

Схема И. изображена на рис. Односторонняя *мишень* И. состоит из тонкой слюдяной пластинки, на которой с одной стороны нанесена *мозаика* изолированных друг от друга *фотокатодов*, а с другой — металлический слой, образующий *сигнальную пластину*. *Потенциальный рельеф* накапливается на мозаике в результате вылета фотоэлектронов под влиянием светового изображения.

Считывающий пучок быстрых электронов охватывает сразу до ста зерен мозаики. При считывании рельефа из мишени выбиваются вторичные электроны, которые до-

водят потенциал мозаики до небольшого положительного относительно *коллектора* значения (+3 *в*) независимо от потенциала рельефа. При этом избыток вторичных электронов вновь возвращается на мозаику, «засеивая» ее и снижая потенциал до небольшого отрицательного значения. Это дает возможность части фотоэлектронов достигать коллектора и накапливать потенциальный рельеф.

первых, между мозаикой и коллектором не возникает достаточная разность потенциалов для отбора всех электронов. Поэтому токи фото- и вторичных электронов далеки от насыщения. Во-вторых, зерна мозаики занимают лишь часть поверхности изображения. Тем не менее И. позволил впервые осуществить телевизионную передачу с натуры при освещенности сцены более 7000—10 000 *лк*.



1 — объектив; *2* — анод-коллектор; *3* — слюдяная пластинка мишени; *4* — мозаика; *5* — сигнальная пластина; *6* — катод электронного прожектора; *7* — электронный прожектор; *8* — отклоняющие катушки; *9* — считывающий электронный пучок; *R* — сопротивление нагрузки.

Сигнал изображения получается в нагрузочном сопротивлении вследствие изменения той части потока вторичных электронов, которая при считывании покидает мозаику и попадает на коллектор. В среднем этот ток равен постоянному току пучка. Однако при считывании светлого участка ток сигнала меньше, чем темного, поскольку со светлого участка часть электронов уже ушла под действием света. Поэтому И. создает отрицательную (негативную) *полярность сигнала изображения. Постоянная составляющая* сигнала на выходе И. равна нулю, поскольку выходная цепь для нее разомкнута.

В И. лишь на 3—5% используется накопление зарядов. Во-

Значительным недостатком И. является генерируемый им паразитный сигнал, образующий на изображении большое темное пятно. Этот сигнал получается за счет глубокой потенциальной ямы, которая образуется на мозаике даже при равномерном ее освещении. Паразитные сигналы черного пятна приходилось компенсировать путем наложения сторонних корректирующих сигналов, приблизительно одинаковых по форме паразитным, но обратных по полярности.

После двадцатилетней эксплуатации И. уступил место более чувствительным и совершенным передающим телевизионным трубкам.

Имитатор цели радиолокационной станции — прибор, позволяющий получить на экране электрон-

но-лучевой трубки индикатора отметки, имитирующие отметки от реальных целей. Прибор предназначен для тренировки персонала станции.

Иммерсионный объектив — *электронная линза*, электрическое поле которой доходит до катода — источника электронов. В И. о. катод входит в систему электродов линзы. И. о. является элементом фокусирующей системы *электронных прожекторов*, электростатических электронно-оптических преобразователей и *электронных микроскопов*.

Импульс (электрический) — напряжение (или ток), отличное от постоянного в течение некоторого промежутка времени и постоянное вне этого промежутка. Форма И. может быть различной; в частности, она может приближаться к прямоугольной (см. рис. *а*), экспоненциальной (см. рис. *б*), линейной и т. д. Участки нарастания и спада импульсного сигнала называются фронтами; по расположению во времени различают передний и задний фронты. При этом фронт нарастания называется положительным, а фронт спада — отрицательным. Участок, лежащий между фронтами, называется вершиной И.

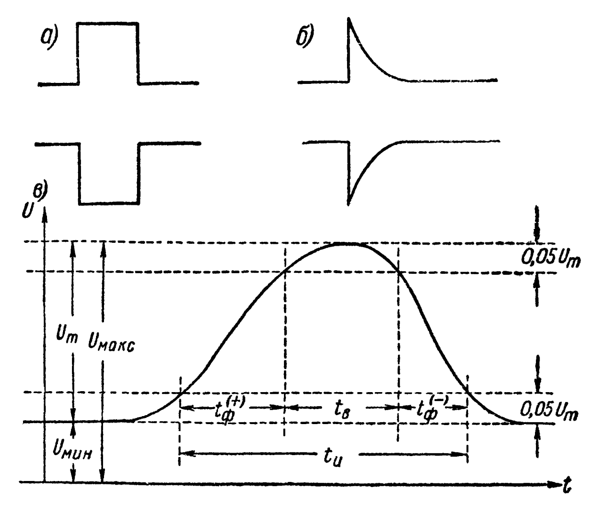
Основные параметры импульсного сигнала (имея в виду И. напряжения):

1) верхний ($U_{макс}$) и нижний ($U_{мин}$) уровни импульсного сигнала (см. рис. *в*), отсчитанные от некоторого фиксированного потенциала. В зависимости от значения сигнала в некоторый исходный момент один из этих уровней является исходным, или начальным. Например, для И. положительной полярности начальным уровнем будет нижний;

2) амплитуда И.

$$U_m = U_{макс} - U_{мин};$$

3) длительности И. и отдельных его частей.



Указанные величины измеряются вдоль некоторых уровней, отсчитанных от начального. Распространена следующая система отсчета. Длительность И. $t_и$ измеряется вдоль уровня, отстоящего от начального на 0,05 U_m (см. рис. *в*). Длительность вершины $t_в$ измеряется вдоль уровня, отстоящего от начального на 0,95 U_m. Тогда

фронты измеряются интервалами, в течение которых импульсный сигнал изменяется в пределах $(0{,}05 \div 0{,}95)\ U_m$. На рис. *в* длительность положительного фронта обозначена $t_{ф}^{(+)}$, отрицательного — $t_{ф}^{(-)}$. Другая система измерения временны́х параметров импульса использует не 5%-ю, а 10%-ю норму отсчета. В обоих случаях результаты близки друг к другу, если фронты И. достаточно круты. Иногда применяется упрощенная методика, использующая только длительность И., отсчитанную на уровне $0{,}5\ U_m$. Нередко длительности И. оказываются соизмеримыми с длительностями *переходных процессов* в соответствующих устройствах.

Помимо $t_ф$, применяется также понятие *крутизны* фронтов. Большей частью импульсные сигналы имеют вид не одиночных И., а их последовательностей. Тогда в число временны́х параметров включается длительность паузы между И. Говоря о периодических И., используют также понятия коэффициента заполнения (равного отношению $t_и$ к периоду) и скважности (равной обратному отношению) последовательности И.

Описанные И. называются также видеоимпульсами, в отличие от радиоимпульсов. Последние представляют собой высокочастотный синусоидальный сигнал, огибающая которого имеет форму видеоимпульса. И. широко используются в качестве сигналов управления и для передачи информации.

Импульсметр — быстродействующий прибор, предназначенный для измерения меняющихся во времени *уровней* напряжения. Широко применяется в качестве контрольного прибора в системах радио и проводного *вещания*, *звукозаписи*. Одним из основных параметров И. является время интеграции, т. е. время, в течение которого на вход прибора необходимо приложить гармонически изменяющееся напряжение для получения показания, отличающегося не более чем на 10% от стационарного. Последнее получается при длительном воздействии приложенного на вход И. гармонического напряжения. Время интеграции зависит от постоянной времени заряда специальной интегрирующей *RC*-системы прибора и динамических свойств стрелочного индикатора. Другим важным параметром И. является время возврата, т. е. время, необходимое для того, чтобы после прекращения подачи напряжения показание прибора уменьшилось до 0,05 стационарного.

В И. применяют стрелочные индикаторы (гальванометры) или безынерционные индикаторы с оптической шкалой — неоновые лампы, осциллографы. Обычно шкала индикатора градуируется в *децибелах*. Малое время интеграции позволяет измерять весьма кратковременные (пиковые) значения напряжения, которые могут превосходить допустимый уровень и вызвать искажение передаваемых сигналов. Для измерения меняющихся во времени (динамических) уровней *сигналов вещательной передачи* применяют И. со временем интеграции от 2 до 200 *мсек*. Время возврата выбирается от 200 *мсек* до 2 *сек*. Меньшее время возврата затрудняет визуальный отсчет показаний. При исследовании уровней речевых сигналов в системах телефонной связи применяется И., имеющий время интеграции и возврата 165 *мсек* и называемый в о л ю м м е т р.

Если динамический уровень одного и того же сигнала вещательной передачи будет измерен И. с разным временем интеграции, то будут получены разные результаты. И. с малым временем интеграции может зарегистрировать даже кратковременно существовавший уровень. И. с большим временем интеграции даст усредненное показание за сравнительно большое вре-

мя и не зарегистрирует кратковременное повышение (или понижение) уровня.

Импульсная генераторная лампа — электронная лампа, предназначенная для работы в *импульсном радиопередатчике*, например радиолокационной станции или *импульсной радиосвязи*. Генератор импульсного передатчика генерирует колебания в виде *радиоимпульсов*, длящихся обычно от десятых долей до нескольких микросекунд и больше. Период следования импульсов $T = 1/N$, где N — число импульсов в секунду, в сотни, а иногда и в тысячи раз больше их длительности. Мощность, выделяемая на аноде лампы во время импульса $P_{а.и}$, очень велика, достигает сотен, а иногда и тысяч киловатт, но средняя мощность, нагревающая анод лампы, будет $P_{а.\,ср} = P_{а.и}\frac{\tau_и}{T}$, где $\tau_и$ — длительность импульса, т. е. она может быть в тысячи раз меньше импульсной. Вследствие этого анод И. г. л. может быть очень небольших размеров по сравнению с анодом лампы, генерирующей такую же мощность непрерывно. Однако из этого не следует, что любая лампа малой мощности может быть использована как мощная импульсная лампа. Во время импульса для получения большой мощности анодный ток должен достигать очень больших значений, следовательно, нужна лампа с очень большим током эмиссии катода. В И. г. л. обычно применяют *оксидный катод*, позволяющий в импульсном режиме давать большой ток эмиссии — до 20—30 *а* и даже до 100 *а/см²* поверхности катода вместо максимального 0,5 *а/см²* в непрерывном режиме. Для получения таких токов в период генерирования на анод подается очень высокое напряжение (до 20—30 *кв*), поэтому конструкция лампы должна исключать возможность пробоев.

Так как передатчики радиолокационных станций и импульсной радиосвязи работают в диапазоне сверхвысоких частот, И. г. л. должна хорошо генерировать метровые и сантиметровые волны.

Импульсная модуляторная лампа — электронная лампа, применяемая в амплитудно-импульсных модуляторах, например в модуляторах радиолокационных передатчиков. И. м. л. работает в ключевом режиме: анодный ток лампы то равен нулю (лампа заперта), то в нужный момент лампа отпирается и ток за ничтожно малое время достигает очень большого значения. Во время пауз между двумя смежными *радиоимпульсами* И. м. л. заперта и на аноде генераторной лампы нет напряжения. В начале очередного радиоимпульса И. м. л. отпирается подачей на ее сетку импульса положительной полярности; на анод генераторной лампы подается нужное напряжение и через лампу протекает ток, достигающий десятков ампер. К моменту окончания радиоимпульса пусковой импульс с сетки И. м. л. снимается и лампа запирается.

Основные требования к И. м. л. совпадают с требованиями к *импульсной генераторной лампе*: в запертом состоянии к И. м. л. прилагается очень большое напряжение — полное анодное напряжение, подводимое к генераторной лампе; при отпирании лампа должна в течение короткого импульса пропускать весьма большие токи. На аноде здесь также выделяется средняя мощность $P_{а.\,ср} = P_{а.\,и}\frac{\tau_и}{T}$, могущая быть в сотни или даже тысячи раз меньше импульсной мощности. Существенное отличие от импульсной генераторной лампы вызывает то, что И. м. л. — низкочастотная: на ее сетку подаются пусковые импульсы с частотой следования порядка сотен тысяч в секунду и с длительностью порядка нескольких микросекунд.

Импульсная модуляция — группа методов модуляции, отличаю-

щихся тем, что модулированный сигнал имеет вид последовательности *видео-* или *радиоимпульсов.* В зависимости от того, какой признак модулированного сигнала подвергается изменению, различают *амплитудно-импульсную, фазово-импульсную, широтно-импульсную модуляцию.* В первом случае передаваемая информация кодируется импульсами различной амплитуды; во-втором — импульсами с различным временны́м сдвигом относительно импульсов некоторой стандартной частоты; в третьем — импульсами различной длительности. Особым видом И. м. является *кодовоимпульсная модуляция*, основанная на преобразовании передаваемой информации в цифровую форму. Поэтому различным значениям модулирующего сигнала соответствует передача различных кодовых групп импульсов.

Импульсная радиосвязь — система радиосвязи, осуществляемая посылкой и приемом *радиоимпульсов*, следующих друг за другом и модулированных тем или иным способом (см. *Импульсная модуляция*). И. р. используется, в частности, для *многоканальной радиосвязи*, позволяя передавать одновременно ряд различных сигналов с помощью одного передатчика, работающего в импульсном режиме. Впервые И. р. была предложена в 1930 г. А. Н. Щукиным.

Импульсная техника — раздел радиотехники, посвященный методам *формирования импульсов* напряжения (тока), их преобразования и изучению соответствующих *импульсных устройств* и схем.

Импульсные диоды — разновидность *полупроводниковых диодов*, предназначенных для работы в быстродействующих импульсных схемах. И. д. отличаются малой величиной барьерной емкости и малым *временем восстановления обратного сопротивления*, что обеспечивает быстрое окончание переходных процессов в И. д. при работе в цепях с очень короткими импульсами (1 *мксек* и менее).

Импульсные устройства — устройства, предназначенные для генерирования, усиления и преобразования импульсных сигналов. Для И. у. характерны два основных режима: режим автоколебаний (осуществляемый иногда при наличии синхронизирующего сигнала) и *ждущий режим.* В первом работают различные *генераторы импульсов*; в ждущем — *усилители* и преобразующие устройства (например, ждущие *релаксаторы*, *триггеры*, *логические схемы* и т. п.). К параметрам И. у. относятся, прежде всего, параметры выходных *импульсов* и нагрузочная способность (либо выходное сопротивление) устройства. И. у., запускаемые внешним сигналом, характеризуются также допустимыми значениями его параметров. Важным параметром И. у., работающих в ждущем режиме, является время восстановления. Уменьшение этого времени повышает быстродействие И. у. В И. у. широко используются коммутирующие элементы *(ключи)*. Вследствие этого большинство И. у. относится к нелинейным.

Импульсный радиопередатчик — радиопередатчик, излучающий электромагнитные волны *импульсами* малой длительности (нередко короче микросекунды). Высокое напряжение на аноды генераторных ламп И. р. подается от специального *генератора импульсов* лишь на короткие промежутки времени, чередующиеся с более или менее продолжительными интервалами. Так как И. р. излучает лишь в течение малой доли всего времени его работы (эта доля равна отношению длительности импульса к периоду повторения импульсов), то средняя мощность И. р. гораздо меньше мощности в импульсе. Поэтому при сравнительно малой подводимой мощности И. р. дает большую мощность в импульсе. И. р. используются в *радиолокации* и *радиона-*

вигации в импульсных *радиодальномерах*, а также в *импульсной радиосвязи*.

Импульсный режим (электрических устройств) — режим генерации, формирования или преобразования *импульсов*.

Импульсный тиратрон — *тиратрон*, применяемый в схемах импульсной модуляции. Работа его во многом идентична работе *импульсной модуляторной лампы*. В обычных тиратронах, заполненных парами ртути или инертным газом, при прохождении через них больших импульсных токов падение напряжения превосходит допустимое (18—30 *в*), при котором начинается интенсивная ионная бомбардировка катода и разрушение его активного слоя. Кроме того, время деионизации паров ртути и инертных газов относительно велико, что препятствует применению этих тиратронов при высокой частоте следования импульсов. Эти недостатки ослаблены в специальных И. т. с водородным наполнением. Так как ионы водорода имеют наименьшую возможную массу, то даже при падении напряжения на приборе в несколько сот вольт ионная бомбардировка катода не разрушает его активного слоя. Время деионизации тоже значительно меньше, чем у обычных тиратронов. Современные водородные тиратроны могут пропускать ток в импульсе до нескольких сот ампер и выдерживают напряжение (в запертом состоянии) до 30 *кв*. Частота следования импульсов может доходить до нескольких тысяч в секунду.

Импульсный трансформатор — трансформатор с ферромагнитным сердечником, предназначенный для передачи *импульсов* длительностью от долей до десятков микросекунд. Основное требование, предъявляемое к И. т., — минимальные искажения формы передаваемого импульса. Эти искажения обусловлены недостаточно большой величиной индуктивности намагничивания (примерно равной индуктивности первичной обмотки) и наличием паразитных параметров: индуктивности рассеяния, *паразитных емкостей* (между обмотками трансформатора, между витками данной обмотки, между обмотками и каркасом трансформатора). Кроме того, при передаче коротких импульсов в сердечнике могут появиться сильные вихревые токи, которые также приводят к искажениям формы импульсов и к потере энергии в нем.

Конструкция И. т. должна обеспечить при возможно малых габаритах незначительные искажения импульсов и высокий к. п. д. (для мощных И. т.). Сердечник И. т. изготавливается из материалов с высокой магнитной проницаемостью и большим удельным сопротивлением (ферритов и пермаллоя). Толщина ленты витого пермаллоевого сердечника должна быть по возможности меньшей (обычно несколько десятков микрон), чтобы уменьшить влияние вихревых токов. Объем и форму сердечника выбирают так, чтобы в процессе намагничивания он не насыщался и чтобы поле в нем было равномерным. Для получения минимальных паразитных емкостей применяют однослойные (иногда — многозаходные) обмотки; материал для междуобмоточной изоляции должен обладать малой диэлектрической проницаемостью.

Импульсный усилитель — устройство, предназначенное для усиления импульсов напряжения или тока. Принципиально в качестве И. у. может быть использован любой усилитель синусоидального сигнала с подходящими параметрами. Основные параметры И. у.: коэффициент усиления, выходное сопротивление, увеличение длительности фронтов усиливаемых импульсов (определяется в основном величиной паразитных емкостей, а в транзисторных усилителях — инерционностью транзисторов), спад вершины импульсов. Последний обусловлен зарядом разделительных емко-

стей при прохождении импульса и уменьшается с их увеличением.

Инвариантные регулируемые системы — автоматические системы, работа которых полностью или частично не зависит от возмущающих воздействий. Компенсация возмущающих воздействия в И. р. с. достигается при помощи управления по возмущениям. Условия инвариантности соответствуют условиям гашения возмущающих воздействий или полного воспроизведения управляющих воздействий.

Инверсное включение транзистора — см. *Обратное включение транзистора.*

Инверсный каскад (фазоинвертор) — *усилительный каскад* с электронной лампой или полупроводниковым триодом, создающий на выходе два равных по амплитуде, но противоположных по фазе напряжения.

Инвертор — электронная схема, изменяющая полярность (или фазу) электрического сигнала. В *вычислительной технике* И. называют *логическую схему*, реализующую операцию отрицания. При задании сигналов «0» и «1» уровнями И. при подаче на вход низкого потенциала выдает на выходе высокий потенциал, и наоборот. Если сигналы «1» и «0» представлены наличием или отсутствием импульса, то при подаче на вход импульса на выходе И. нет сигнала; при отсутствии импульса на входе — на выходе есть сигнал.

Инвертор импульсный — *импульсный усилитель*, изменяющий на 180° фазу входного сигнала, иначе говоря, изменяющий полярность входных импульсов. Простейшим примером И. и. является однoламповая усилительная схема с анодной нагрузкой.

Индекс частотной модуляции — отношение амплитуды отклонения мгновенной частоты от среднего значения *(девиации частоты)* к частоте, с которой эти отклонения частоты происходят при *частотной модуляции*, т. е. И. ч. м.

$$m = \frac{\omega_д}{\Omega},$$

где $\omega_д$ — девиация частоты и Ω — частота модуляции. Чем больше значение m, тем больше *амплитуды составляющих спектра* частотно-модулированного сигнала и тем сильнее этот спектр отличается от спектра амплитудно-модулированного сигнала.

Индексный регистр — *регистр* для хранения констант, суммируемых с адресом выбранной *команды* при операциях *переадресации*. И. р. входят в состав *устройства управления* ЦВМ. Современные универсальные машины имеют несколько И. р., что увеличивает гибкость программирования задач.

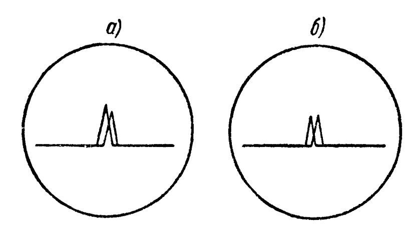
Индикатор — прибор, служащий для указания наличия тока, напряжения и т. д., но не для измерения их величин. С помощью И. обычно можно грубо определить момент, когда ток, напряжение и т. д. достигают максимальной или минимальной величины.

Индикаторное устройство (в радиолокаторе) — комплекс приборов для определения расстояния до цели и угловых ее координат. Их обычно определяют по положению отметки, создаваемой отраженным от цели сигналом на экране *электронно-лучевой* трубки при соответствующей *развертке* луча. Для определения дальности служит развертка с постоянной скоростью, запускаемая импульсом передатчика. По масштабу развертки определяется промежуток времени, прошедший с момента посылки импульса до момента возвращения сигнала, отраженного от цели, а следовательно, и расстояние до нее.

Простейший способ определения угловых координат — это метод пеленгования по максимуму. При поворотах антенны меняется и положение *диаграммы направленности* антенны в пространстве. В момент, когда направление главного лепест-

ка диаграммы наиболее точно совпадает с направлением на цель, амплитудная отметка на экране трубки будет максимальна. Следовательно, определив положение антенны, можно найти и угловые *координаты* цели. Метод этот не точен, так как определить максимум амплитудной отметки трудно, ибо во многом это зависит от того, что лепесток диаграммы направленности имеет тупое, закругленное окончание.

Значительно точнее можно определить угловые координаты цели, пользуясь методом *равносигнальной зоны*. Лепесток диаграммы совершает колебательные движения в горизонтальной плоскости для определения азимута или в вертикальной для определения угла места. Амплитудные отметки цели при одном и другом положениях лепестка получаются на экране трубки сдвинутыми относительно друг друга. Если величины отметок не равны друг другу (см. рис. *а*), то цель не



находится в равносигнальной зоне. Антенну поворачивают в ту или иную сторону до тех пор, пока изображение на экране не примет вид рис. *б*. В этот момент цель находится в равносигнальной зоне, что может быть определено весьма точно, и тогда берется отсчет определяемой угловой координаты.

Для определения угловых координат может применяться также развертка, синхронная с изменениями направления оси антенны локатора. Например, на индикаторе азимута луч описывает на экране окружность синхронно с вращением антенны вокруг вертикальной оси, причем определенному положению луча на экране соответствует определенное азимутальное направление оси антенны. Применяются также комбинированные индикаторы, в которых на экране одной трубки определяются с помощью двух масштабов не одна, а две координаты одновременно, например дальность и азимут, причем дальность определяется по расстоянию отметки от центра экрана, а азимут — по углу, который образует радиус, проведенный через отметку, с начальным направлением радиуса.

Индуктивная связь — см. *Взаимоиндукция*.

Индуктивное сопротивление — сопротивление цепи переменному току, обусловленное *индуктивностью* этой цепи. Величина И. с. в омах:

$$X_L = \omega L,$$

где ω — угловая частота в герцах, L — индуктивность цепи в генри.

Индуктивность (коэффициент самоиндукции) — количественная характеристика явления *самоиндукции*. Ток в какой-либо цепи, например катушке, создает *магнитный* поток Φ, который пропорционален I:

$$\Phi = LI,$$

где L — И. катушки. Следовательно, И. численно равна магнитному потоку, созданному катушкой или вообще какой-либо цепью при токе, равном единице.

Так как при изменении тока появляется э. д. с. самоиндукции

$$E_L = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t},$$

где $\Delta\Phi$ — изменение магнитного потока за малый промежуток времени Δt, то

$$E_L = -L\frac{\Delta I}{\Delta t},$$

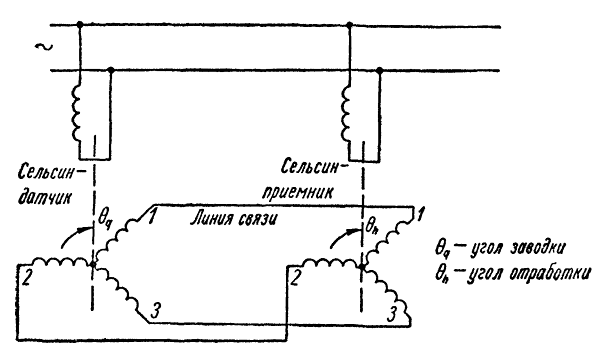
здесь ΔI — изменение тока за малый промежуток времени Δt. В со-

ответствии с этим можно дать другое определение И. И. цепи численно равна э. д. с. самоиндукции, возникающей в цепи, если ток в ней изменяется на единицу силы тока в 1 *сек*. Единицей И. в практической системе единиц служит *генри*. Единица И. в системе СГСМ называется сантиметром.

Индуктивность выводов — индуктивность, которой обладают выводы электродов электронной лампы. В лампах для сверхвысоких частот И. в. играет очень заметную и обычно вредную роль. В этих лампах принимаются специальные меры для уменьшения И. в., например выводы делаются в виде лент значительной ширины или в виде кольца, служащего продолжением электрода вне баллона (см. *Дисковые выводы*). Особенно вредную роль играет индуктивность катодного вывода у сверхвысокочастотных триодов. Эта индуктивность, даже если она и очень мала, на сверхвысоких частотах создает достаточно большое индуктивное сопротивление $X_L = \omega L_к$, где ω — частота сигнала, а $L_к$ — индуктивность катодного вывода. Это сопротивление приводит к появлению *отрицательной обратной связи*, в результате чего понижается *входное сопротивление электронной лампы*, т. е. получается тот же нежелательный эффект, который наблюдается в лампах сверхвысокой частоты из-за *инерции электронов*.

Индукционные системы синхронной связи — наиболее распространенные системы *синхронной связи*, построенные при помощи специальных электрических машин переменного тока — *сельсинов*. Существенными преимуществами таких систем являются: 1) безыскровая коммутация; 2) высокая точность, обеспечивающая малые погрешности в согласованном положении; 3) плавность отработки приемниками поворота датчика; 4) возможность применения датчиков и приемников бесконтактного типа; 5) однотипность приемников и датчиков.

На рис. приведена простейшая схема И. с. с. с однофазными сельсинами.



Наибольшее распространение получили два режима работы И. с. с. с. — индикаторный и трансформаторный. В индикаторном режиме происходит дистанционная передача угла поворота или скорости вращения при небольшом моменте сопротивления на исполнительной оси. При рассогласовании осей токи, протекающие по обмоткам, взаимодействуя с потоками обмоток возбуждения, создают вращающие моменты, поворачивающие ротор приемника до тех пор, пока он не отработает угол, заданный поворотом датчика. В И. с. с. с. при помо-

щи специальных сельсинов-дифференциалов можно осуществлять элементарные математические операции по дистанционной передаче и отработке сумм или разностей углов поворотов или вращения нескольких различных задающих осей.

И. с. с. с. в трансформаторном режиме применяют для измерения угла рассогласования в *следящих системах*. В таком режиме по линии, связывающей датчик с приемником, передаются маломощные управляющие сигналы. Обмотка возбуждения приемника не присоединяется к питающей сети. С этой обмотки снимается электрический сигнал, который подается в усилитель мощности следящей системы. Ротор сельсина приемника жестко связан с осью исполнительного двигателя следящей системы, поэтому э. д. с. обмотки приемника в любой момент будет зависеть от угла рассогласования между задающей осью и осью исполнительного двигателя.

Индуктор — небольшая электрическая машина с постоянными магнитами, дающая высокое напряжение. Обычно приводится в движение от руки и применяется, например, в испытателях изоляции, измерителях больших сопротивлений (мегомметрах). Иногда И. называют *индукционную катушку*.

Индукционная катушка — повышающий трансформатор с большим числом витков вторичной обмотки и прерывателем в первичной цепи, питающейся от источника постоянного тока. Резкие изменения тока в момент разрыва первичной цепи создают на концах вторичной обмотки И. к. очень высокие напряжения.

Индустриальные помехи — помехи, создаваемые работой различных электрических устройств, главным образом таких, в которых возникает *электрическая дуга* или искра (электросварка, электротранспорт, двигатели с электрическим зажиганием и т. п.). И. п. обычно имеют очень широкий *спектр*, т. е. составляющие их колебания имеют самые различные частоты, поэтому борьба с ними в приемных устройствах затруднительна. Но в самих источниках помех могут быть приняты меры, значительно снижающие интенсивность помех, например экранирование, применение специальных фильтров и т. д.

Инерционная синхронизация (ТВ) — помехоустойчивая синхронизация, при которой импульсы строчной и кадровой синхронизации формируются в приемнике заново с помощью генератора *строчной частоты*, захватываемого частотой приходящих импульсов. В другом варианте И. с. частота местного генератора управляется с помощью *реактивной лампы* напряжением ошибки при нарушении синхронизации; это — способ автоматического слежения за частотой приходящих импульсов. И. с. осуществляется по узкополосному каналу и потому малочувствительна к случайным помехам.

Инерция электронов — свойство электронов, как и всякого тела, изменять свою скорость только под действием внешней силы, причем эти изменения происходят не сразу, а постепенно, по мере того как сила, действующая на электрон, сообщает ему ускорение. Поэтому для того чтобы произошло конечное изменение скорости электрона, требуется конечное время. Однако поскольку ускорение тела при данной силе обратно пропорционально массе, а масса электрона очень мала ($\sim 9 \cdot 10^{-28}$ *г*), то изменения его скорости могут происходить очень быстро. Электрон обладает очень малой инерцией по сравнению с инерцией других заряженных тел. Все же И. э. играет роль в работе электронных приборов, в частности она определяет *время пролета электронов* в электронных приборах. Например, в усилительных электронных лампах при напряжении между катодом и анодом в 100 *в* и расстоянии между ними около

1 *см* электрон движется с ускорением порядка $2 \cdot 10^{17}$ *см/сек* и достигает анода за время примерно 3×10^{-9} *сек*. В диапазоне сверхвысоких частот это время оказывается сравнимым с периодом напряжения, ускоряющего электрон. Поэтому, например, за то время, пока ускоряющее электрическое поле сохраняет неизменным свое направление, электрон может не успеть достичь того электрода, к которому приложено ускоряющее напряжение.

В диапазоне сверхвысоких частот возникает и ряд других явлений, обусловленных И. э. и препятствующих эффективному использованию лампы на таких частотах. В частности, И. э. приводит к возникновению активной составляющей во *входном сопротивлении электронной лампы*, что увеличивает мощность, которая необходима для управления ее анодным током.

Интегральная схема — более точно: интегральная твердая схема (см. *Твердые схемы*).

Интегральная чувствительность (фотоэлементов, фотосопротивлений) — параметр датчиков освещенности, характеризующий величину *фототока*, возникающего при их освещении стандартной лампой накаливания, которая испускает свет с различными длинами волн в относительно широком диапазоне. И. ч. выражается в микроамперах на один люмен *(мка/лм)* светового потока, падающего на рабочую поверхность *фотоэлемента*, *фотосопротивления*, *фотодиода* или другого датчика освещенности.

Интегральные показатели качества — оценки качества процесса регулирования, основанные на вычислении некоторых определенных интегралов типа

$$I_1 = \int_0^\infty x\, dt; \quad I_2 = \int_0^\infty x^2\, dt; \quad I_3 = \int_0^\infty (x^2 + \tau \dot{x}^2)\, dt,$$

где $x(t)$ и $\dot{x}(t)$ — изменение ошибки регулирования и ее производной во времени; τ — постоянная.

При таком способе оценки качества нет надобности решать дифференциальные уравнения переходных процессов. Простейшим И. п. к. является оценка по величине I_1. Этот интеграл дает величину площади кривой переходного процесса для процессов без перерегулирования (при которых знак x все время один и тот же); уменьшение I_1 соответствует ускорению процесса регулирования. При наличии перерегулирования это утверждение становится неправильным.

Другой интегральной оценкой является оценка по квадратичной интегральной ошибке I_2. Идея применения И. п. к. динамических процессов принадлежит академикам Л. И. Мандельштаму и Н. Д. Папалекси. Чл.-корр. АН СССР А. А. Харкевич применил интегральную квадратичную оценку I_2 при выборе параметров осциллографа.

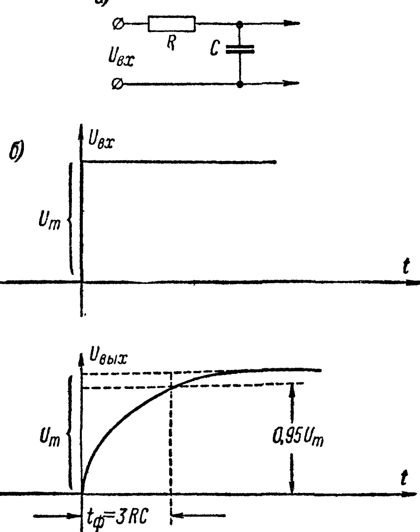
Недостатком применения И. п. к. является отсутствие однозначного соответствия между формой кривой переходного процесса и значением любой из интегральных оценок. Поэтому методика применения И. п. к. обычно заключается не в определении характера процесса, а в отыскании минимума И. п. к. При минимизации I_2 процесс регулирования может оказаться колебательным. Соотношения между параметрами системы автоматического регулирования, при которых И. п. к. имеет минимум, во многих случаях позволяют произвести расчет системы. Выбор параметров из условий минимума И. п. к. требует проверки качества процесса регулирования путем построения кривой переходного процесса при выбранных значениях параметров. Поэтому расчет должен состоять из следующих этапов: 1) выбора вида И. п. к.; 2) определения зависимости оценки от параметров системы; 3) отыскания условий минимума;

4) проверки качества переходного процесса.

И. п. к. удобно применять также тогда, когда регулируемая система работает в режиме отработки непрерывно действующих возмущающих сил.

Наиболее совершенным является улучшенный И. п. к. I_3, при минимизации которого определяются значения параметров системы, обеспечивающих оптимальность протекания переходных процессов с апериодическим законом изменения регулируемой величины.

Интегрирующая цепь— устройство, сигнал на выходе которого приближенно описывается интегралом от входного сигнала. Роль И. ц.



может выполнять RC-цепь с емкостным выходом (см. рис. *а*). Для математического интегрирования И. ц. такого вида, однако, не используется вследствие большой ошибки, возникающей, когда $U_{вх}$ и $U_{вых}$ имеют один порядок. Переходная характеристика И. ц. (реакция на скачок входного напряжения амплитуды U_m) описывается выражением

$$U_{вых}(t) = \underset{(t \geqslant 0)}{U_m} (1 - e^{-t/RC})$$

и иллюстрируется рис. *б*. Длительность фронта составляет $3RC$.

Основная область применения И. ц. — преобразование прямоугольного сигнала в пилообразный (в простейших генераторах *линейно изменяющегося напряжения*, *селекторах импульсов по длительности*, устройствах временно́й задержки импульсных сигналов и т. п.). Значительно чаще И. ц. образуются паразитными емкостями и различными сопротивлениями схем, играя роль элементов, ограничивающих быстродействие импульсных устройств. Например, выходная цепь большинства устройств представляет собой И. ц., образованную выходным сопротивлением устройства и выходной емкостью (образованной емкостью нагрузки, собственными емкостями электронных приборов, емкостью монтажа). Это служит одной из причин того, что фронты реальных импульсов всегда имеют конечную крутизну.

Интегрирующее устройство — узел или блок *моделирующей вычислительной машины*, который образует величину, пропорциональную определенному интегралу некоторой изменяющейся переменной $y = y(x)$ от независимой переменной x. В качестве независимой переменной x может выступать любая величина, однако легче всего на практике реализуются И. у. для интегрирования по времени.

Практическое осуществление И. у. возможно на основе двух принципов: 1) применения устройства, работа которого описывается дифференциальным уравнением вида

$$\frac{dY}{dx} + AY = By(x),$$

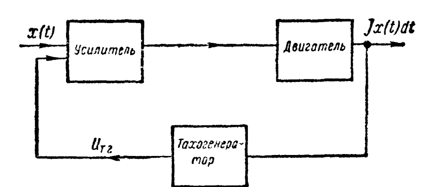
где A и B — константы; 2) использования идеи, основанной на поня-

тии определенного интеграла как суммы весьма большого числа малых (элементарных) приращений:

$$\int y(x)\,dx \cong \sum_{i=1}^{n} y(x_i)\,\Delta x_i.$$

И. у. делятся на механические, электромеханические и электронные. Плоский фрикцион является примером механического И. у. Использование тахогенератора в следящей системе для отработки заданного напряжения $U(t)$ дает возможность реализовать $\int U(t)\,dt$ в виде угла поворота вала тахогенератора: это пример электромеханического И. у. Одним из простейших и широко применяемых электронных И. у. является цепочка *RC*. Кроме своего прямого назначения, И. у. широко используются в качестве устройств, реализующих различные элементарные функции, получить которые другими способами затруднительно.

Интегрирующий привод (интегрирующая следящая система) — *следящая система* непрерывного



действия, применяемая для регулирования скорости вращения, а также в качестве электромеханического *интегратора* вычислительных устройств. И. п. состоит из электродвигателя, усилителя и *тахогенератора* (см. рис.). С тахогенератора снимается напряжение, пропорциональное угловой скорости вращения вала двигателя. Входное напряжение $x(t)$ сравнивается с выходным напряжением тахогенератора и сигнал, пропорциональный разности этих напряжений, подается на усилитель. Выходной сигнал усилителя управляет двигателем.

И. п. обеспечивает достаточную точность интегрирования при большом коэффициенте усиления прямой цепи. Пределы изменения скоростей и ускорений входных сигналов не должны превышать скоростей и ускорений, которые способен отработать двигатель. Одно из существенных преимуществ И. п. по сравнению с электрическими и электронными интеграторами состоит в том, что они позволяют интегрировать функции, непрерывно изменяющиеся в течение любого интервала времени. При применении специальных схем и компенсационных устройств точность И. п. весьма высока (погрешность не превышает 0,01% от входной величины).

И. п. находят применение в системах регулирования скорости вращения некоторых механизмов, так как при постоянных входных сигналах изменение моментов на валу двигателя в достаточно широких пределах приводит к небольшим изменениям скорости вращения.

Интенсивность звука — см. *Сила звука.*

Интервидение — сеть телевизионного вещания, охватывающая социалистические страны Европы и Советский Союз.

Интерлессинг — см. *Чересстрочная развертка.*

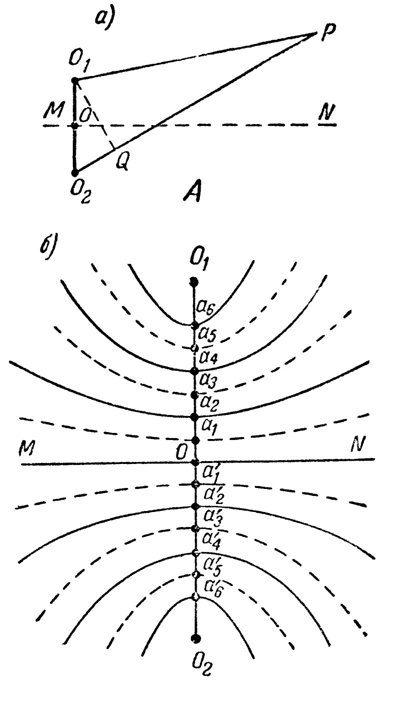
Интерметаллические соединения — полупроводниковые вещества, представляющие собой соединения химических элементов III и V групп периодической системы Менделеева, например, индия с сурьмой (InSb), галлия с мышьяком (GaAs). Такие соединения образуют кристаллические структуры, сходные со структурой кристаллов германия и кремния, но в силу тех или иных особенностей оказываются более перспективными для некоторых типов полупроводниковых приборов. Так, арсенид галлия (GaAs) можно использовать при бо-

лее высоких температурах, чем кремний; его широко применяют для изготовления туннельных диодов.

Интерференция волн — сложение волн одинаковой частоты, приходящих в каждую точку пространства по двум (или нескольким) различным путям, вследствие чего фазы всех приходящих в данную точку волн, а значит и амплитуды результирующей волны в разных точках оказываются различными.

В пространстве, в котором происходит И. в., возникает характерная картина чередующихся максимумов и минимумов амплитуды результирующей волны. При этом амплитуды результирующей волны в каждой точке зависят от сдвига фаз между волнами, приходящими в эту точку, т. е. от *разности хода*, которую приобретают приходящие в данную точку волны при распространении по различным путям. Если интерференция создается двумя волнами, то в точках, в которых сдвиг фаз между волнами равен нулю или целому числу 2π, получаются максимумы, а в точках, в которых сдвиг фаз равен нечетному числу π, — минимумы результирующей волны.

Например, если источники O_1 и O_2 (см. рис. *а*) излучают во всех направлениях в плоскости чертежа *гармонические волны* одной и той же частоты, распространяющиеся в пространстве, то пути, пройденные этими волнами, до какой-либо точки P, т. е. расстояния O_1P и O_2P, вообще говоря, различны. Разность хода их $\Delta = O_2P - O_1P \approx O_2Q$. На перпендикуляре MN к линии O_1O_2, проходящем через середину O этой линии, $\Delta = 0$; во всех же других точках $\Delta \neq 0$. Одно и то же значение Δ получается для всех точек пространства, для которых разность расстояний до точек O_1 и O_2 есть величина постоянная. Этому условию удовлетворяют точки, лежащие на гиперболах, имеющих фокусы в точках O_1 и O_2 (см. рис. *б*). Если точки a_1, a_2, a_3, ... и a'_1, a'_2, a'_3, ... отстоят на расстоянии $\lambda/4$ (λ — длина волны) друг от друга, то разность расстояний до точек O_1 и O_2 от точки a_1 (а так же a'_1), т. е. разность хода $\Delta = \lambda/2$; от точки a_2 (а так же a'_2): $\Delta = \lambda$; от точки a_3 (а так же a'_3): $\Delta = \frac{3}{2}\lambda$ и т. д. Если оба источника излучают волны в



одинаковой фазе, то их разность фаз в каждой точке пространства $\varphi = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda}$. Поэтому для всех точек гиперболы, проходящей через a_1 (или a'_1), разность фаз $\varphi = \pi$; для всех точек гиперболы, проходящей через a_2 (или a'_2), $\varphi = 2\pi$; для всех точек гиперболы, проходящей через a_3 (или a'_3), $\varphi = 3\pi$ и т. д. Следовательно, на прямой MN и на гиперболах, проходящих через одну из

точек a_2, a'_2, a_4, a'_4, ... и т. д., амплитуда результирующей волны будет максимальной (на рис. *б* — сплошные гиперболы), а на гиперболах, проходящих через одну из точек a_1, a'_1, a_3, a'_3, ... и т. д., амплитуда результирующей волны будет минимальной (штриховые гиперболы). В точках, лежащих между этими гиперболами, амплитуда результирующей волны будет иметь промежуточные значения. Если амплитуды обеих волн, излучаемых в O_1 и O_2, равны, то их можно считать приблизительно равными во всех точках, лежащих на расстоянии, большом по сравнению с O_1O_2. Тогда максимальная амплитуда результирующей волны будет равна удвоенной амплитуде каждой из волн, а минимальная амплитуда будет равна нулю. Вдали от O на расстояниях, бóльших по сравнению с O_1O_2, гиперболы приближаются к прямым, проходящим через точку O (эти прямые называются асимптотами). Таким образом, в результате И. в. два источника, каждый из которых излучает волны одинаковой амплитуды во всех направлениях, вместе излучают волны, амплитуда которых в ряде направлений, соответствующих асимптотам гипербол, для которых $\Delta = 0$, λ, 2λ, ..., достигает максимума, а в лежащих между ними других направлениях, соответствующих асимптотам гипербол, для которых $\Delta = \frac{\lambda}{2}, \frac{3}{2}\lambda$; ..., падает до минимума (в частности, до нуля при равенстве амплитуд обеих излучаемых волн).

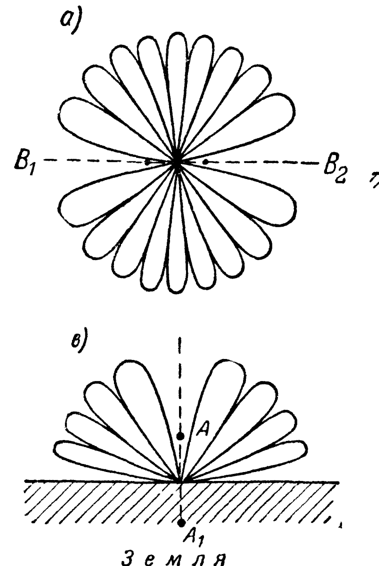
Характер распределения максимумов и минимумов в пространстве зависит от числа n точек a_1, a_2, a_3,... и a'_1, a'_2, a'_3,..., отстоящих на $\lambda/4$ друг от друга и размещающихся на отрезке O_1O_2, т. е. от отношения расстояния между источниками к длине волны. Чем больше это отношение, тем гуще расположены направления максимумов и минимумов (тем меньше угол между направлениями двух соседних максимумов или минимумов).

Если оба источника излучают волны с некоторым сдвигом фаз φ_0, то разность фаз между волнами, пришедшими в данную точку, $\varphi = \frac{2\pi\Delta}{\lambda} + \varphi_0$, вследствие чего максимумам и минимумам будут соответствовать не такие разности хода, как в случае, когда оба источника излучают волны в одной фазе (т. е. при $\varphi_0 = 0$). Следовательно, при $\varphi_0 \neq 0$ положение максимумов и минимумов изменяется. В частности, когда оба источника излучают волны в противофазе ($\varphi_0 = \pi$), на прямой MN и на всех гиперболах, на которых при $\varphi_0 = 0$ получились максимумы, получатся минимумы и наоборот; вообще при изменении сдвига фаз между источниками вся интерференционная картина перемещается в пространстве. Когда сдвиг фаз φ_0 не остается постоянным, а все время изменяется в достаточно широких пределах, то амплитуда волн в каждой точке пространства будет все время изменяться от максимума до минимума. И если эти изменения происходят так быстро, что приборы (при помощи которых регистрируется амплитуда волны) не успевают следить за этими изменениями, то они будут регистрировать некоторое среднее значение амплитуды, одинаковое во всех точках пространства. Характерное для И. в. чередование максимумов и минимумов в пространстве не будет наблюдаться. Таким образом, И. в. наблюдается только в тех случаях, когда сдвиг фаз между волнами, излучаемыми двумя источниками, остается постоянным во времени или изменяется достаточно медленно (в этом последнем случае интерференционная картина хотя и будет перемещаться в пространстве, но так медленно, что ее можно будет наблюдать). Волны, для которых соблюдается требование постоянства во времени разности фаз, причем мож-

но наблюдать И. в., называются когерентными (см. *Когерентные волны*).

Условие когерентности волн обычно выполняется при сложении волн, идущих от одного источника, но приходящих в каждую точку пространства разными путями (например, в результате их преломления или отражения), и в этом случае легче всего наблюдать характерное для И. в. чередование в пространстве максимумов и минимумов амплитуд. Вообще же картина И. в. может быть гораздо более сложной, чем в рассмотренном выше случае двух источников.

Интерференция радиоволн — *интерференция волн* радиотехнического диапазона. При излучении радиоволн сложными антеннами, состоящими из нескольких *вибраторов* (см. *Синфазные антенны*), радиоволны, возбуждаемые отдельными вибраторами, интерферируют между собой. Амплитуды результирующей волны в разных направлениях оказываются различными, что и определяет характер диаграммы направленности антенны. Например, в результате И. р. от двух вибраторов, питаемых токами равной амплитуды, частоты и фазы и разнесенных на расстояние нескольких длин волн, получаются чередующиеся направления максимумов и минимумов амплитуды излучаемой волны, т. е. многолепестковая диаграмма направленности (рис. *а* — вибраторы расположены на линии B_1B_2). Угол раствора этих лепестков *диаграммы направленности* тем меньше, чем больше расстояние между вибраторами.



Если для каждого вибратора амплитуды напряженностей электрического и магнитного полей волны соответственно равны E_1 и H_1, то для результирующей волны в направлениях максимумов эти амплитуды будут $E = 2E_1$ и $H = 2H_1$. Величина вектора Умова — Пойнтинга, определяющего поток энергии в направлениях максимумов, пропорциональна произведению векторов $2E_1$ и $2H_1$, т. е. в четыре раза больше, чем для волны, создаваемой каждым вибратором в отсутствии другого. Следовательно, в направлении максимумов оба вибратора излучают волны вчетверо большей мощности, чем каждый вибратор в отдельности. Зато в направлениях минимумов два вибратора вместе вообще не излучают, так как в этих направлениях $E = 0$ и $H = 0$. Каждый же вибратор в отсутствие другого излучал бы в этом направлении так же, как и во всяком другом направлении. Во

всех промежуточных направлениях мощность волн, излучаемых двумя вибраторами, имеет промежуточные значения. Если подсчитать всю мощность волн, излучаемых двумя вибраторами во всех направлениях, то она окажется лишь вдвое больше мощности волн, излучаемых каждым вибратором в отсутствие другого.

Таким образом, в данном случае И. р. приводит не к изменению всей мощности излучаемых волн, а лишь к перераспределению ее в пространстве. Этот результат обусловлен существованием направлений с нулевым излучением, возникших вследствие сдвига фаз на 180° между волнами обоих вибраторов. Чтобы сдвиг фаз двух волн, излучаемых вибраторами в одинаковой фазе, в каком-то направлении был равен 180°, разность хода в этом направлении должна быть равна $\lambda/2$. Направления, в которых излучение равно нулю, отсутствуют при расстоянии между двумя вибраторами менее $\lambda/2$. При расстоянии, меньшем $\lambda/2$, в направлении максимума получается, как и прежде, учетверенная мощность по сравнению с той, которую излучал бы отдельный вибратор, а направлений, в которых излучение отсутствует, вообще не будет. Поэтому полная мощность волн, излучаемых обоими вибраторами, в данном случае окажется больше, чем сумма мощностей волн, которые излучал бы каждый вибратор отдельно; следовательно, каждый вибратор излучает бóльшую мощность, чем он излучал бы в отсутствие другого вибратора. Это обусловлено тем, что вибраторы, находящиеся на сравнительно близком расстоянии (меньше $\lambda/2$), сильно влияют друг на друга. Для синфазных вибраторов это влияние сводится к увеличению *сопротивления излучения* каждого вибратора. Тогда к каждому вибратору для поддержания в нем определенного тока нужно подводить бóльшую мощность, чем к одиночному вибратору. (Мощность излучаемых волн в обоих случаях равна подводимой, если пренебречь потерями в активных сопротивлениях вибраторов.)

В случае двух вибраторов с противофазными токами, расположенных на расстоянии менее $\lambda/2$, общая мощность волн, излучаемых двумя вибраторами вместе, меньше, чем сумма мощностей волн, которые излучали бы вибраторы в отдельности. При этом взаимное влияние вибраторов сводится к уменьшению их сопротивления излучения.

У сложных антенн, состоящих из многих вибраторов, в результате И. р. также получаются многолепестковые диаграммы, в которых (в отличие от случая двух вибраторов) один или несколько лепестков сильно вытянуты. На такой «главный» лепесток (или главные лепестки) обычно приходится большая часть всей излучаемой мощности, а остальная ее часть приходится на менее вытянутые «боковые» лепестки.

Если антенна работает в качестве приемной, то ее диаграмма направленности в соответствии с *принципом взаимности* получается такой же, как и при работе в качестве передающей. Но в приемной антенне явление И. р. не возникает, так как на нее падает *плоская волна*, при которой чередование в пространстве максимумов и минимумов амплитуды волны не происходит. Тождественность диаграмм обусловлена тем, что при приеме плоской волны, приходящей в данном направлении, получаются такие же соотношения между фазами токов в вибраторах, как и при передаче в том же направлении между фазами волн, излучаемых вибраторами (подробнее см. *Синфазные антенны*).

При распространении радиоволн явления И. р. возникают прежде всего вследствие отражения радиоволн от поверхности Земли (см. рис. *б*). В каждой точке над Землей

существуют две волны — пришедшая прямо и отраженная от поверхности Земли. Они имеют в каждой точке различный сдвиг фаз, и в пространстве получается картина, аналогичная И. р., излучаемых двумя источниками. Влияние отражения от Земли вблизи передающей или приемной антенны удобно учитывать с помощью метода *зеркального изображения*. Картина И. р. получается такой же, как в случае двух источников, находящихся друг от друга на расстоянии, равном удвоенной высоте антенны над Землей. В диаграмме антенны в вертикальной плоскости появляются лепестки (см. рис. *в*), число которых тем больше, чем больше высота антенны над Землей и чем короче длина волны. Если антенны расположены горизонтально, то в зеркальном изображении A_1 ток будет в противофазе с током антенны A. Поэтому на поверхности Земли всегда получается минимум, т. е. первый лепесток всегда касается Земли (см. рис. *в*).

При распространении средних и коротких радиоволн И. р. возникает тогда, когда в одну и ту же область пространства попадают волны, идущие прямо от передатчика и отраженные от ионосферы, или волны, отраженные разными участками ионосферы.

Информационно-логическая вычислительная машина — электронная ЦВМ для решения информационно-логических задач. Такие задачи характеризуются большим объемом информации, которая подлежит переработке, малым удельным весом операций арифметического характера (несколько процентов) и чрезвычайно большим весом логических операций, среди которых преобладают операции поиска, сортировки и классификации. Так как И. в. м. перерабатывают большие массивы информации, они должны иметь развитые устройства ввода и вывода и *арифметические устройства*, способные перерабатать поток информации, поступающей через входные устройства. Поэтому иногда в И. в. м. предусматривается несколько арифметических устройств. Весьма большие требования предъявляются к *запоминающим устройствам* — как внутренним, так и внешним. Внутренние запоминающие устройства могут включать в себя одно или несколько *оперативных запоминающих устройств*, *постоянное запоминающее устройство* большого объема и *ассоциативное запоминающее устройство*. Ввиду того что в настоящее время еще нет ассоциативных запоминающих устройств достаточно большого объема, все виды операций в И. в. м., связанные с ассоциативным поиском информации, обычно выполняются при помощи структурных средств и путем использования возможностей *программирования*.

Информация (в *кибернетике*) — сведения, которые содержатся в сигналах, поступающих в кибернетическую систему извне, и используются ею в процессе управления. И. проявляется всегда во взаимодействии двух объектов — источника И. и приемника И., связанных между собой любым *каналом связи*. В кибернетической литературе термин И. часто используется в смысле количества информации (см. также *Теория информации*).

Инфразвуковые колебания — механические колебания с частотами меньше 16 *гц*, не создающие звукового впечатления у человека.

Ион — атом (или молекула) с числом электронов, меньшим или бóльшим нормального, так что общий заряд электронов оказывается меньше или больше общего заряда ядра (или ядер). Поэтому разноименные заряды электронов и ядер в И. не компенсируют друг друга и в отличие от атомов (или молекул) И. обладает электрическим зарядом — положительным, если число электронов меньше нормального, и отрицательным в обратном слу-

чае. Образование И. в газе — *ионизация газа* — происходит, если под каким-либо внешним воздействием атом теряет один или несколько своих электронов и образуются положительные И., или к атому присоединяются добавочные электроны и образуются отрицательные И. В некоторых жидкостях нейтральные молекулы распадаются на части — положительные и отрицательные И. под влиянием теплового движения.

Ионизация газа — образование *ионов* в газе. И. г. состоит в том, что атомы или молекулы газа под каким-либо внешним воздействием теряют один или несколько своих электронов. В результате И. г. чаще всего образуются положительные ионы и свободные электроны (иногда и отрицательные ионы). Причиной И. г. может быть соударение атомов или молекул между собой (например, при интенсивном тепловом движении), соударение с ними свободных электронов, если скорость электронов достаточно велика, воздействие света, особенно ультрафиолетовых лучей, и ряд других факторов. Наряду с И. г. происходит и обратный процесс — встречающиеся положительные ионы и электроны снова образуют нейтральные атомы или молекулы; этот процесс называется рекомбинацией. Если причины И. г. перестают действовать, то вследствие рекомбинации И. г. исчезает. Неизменная степень И. г. наблюдается в том случае, когда процессы И. г. и рекомбинации компенсируют друг друга: число образующихся ионов равно числу образующихся в результате рекомбинации нейтральных молекул.

Ионная ловушка — часть *электронного прожектора кинескопа*, задерживающая отрицательные ионы, вылетающие из термокатода и образующие *ионное пятно*. В И. л. электроны и ионы вначале летят под некоторым углом к оси электронно-лучевой трубки. Внешним магнитом электроны отклоняются и далее летят вдоль оси прожектора. Значительно более тяжелые ионы продолжают двигаться в том же направлении и задерживаются одним из электродов И. л. В современных кинескопах с *алюминированным экраном* необходимость в И. л. отпала.

Ионная проводимость — способность некоторых веществ проводить электрический ток благодаря наличию в них подвижных положительных и отрицательных ионов. Наиболее важным и обширным классом проводников, обладающих И. п., являются некоторые жидкости и, в частности, электролиты, т. е. растворы различных солей, кислот или щелочей в воде. Поэтому И. п. часто называют электролитической проводимостью. Помимо электролитов, И. п. обладают и некоторые другие тела.

Картина возникновения электрического тока в проводниках, обладающих И. п., в общих чертах такая же, как и при *электронной проводимости*. В отсутствие внешнего электрического поля ионы совершают тепловое движение. Вследствие полной хаотичности этого движения через любое сечение проводника за некоторый промежуток времени проходит в обе стороны в среднем одинаковое количество ионов одного знака, и поэтому ток равен нулю. Под действием электрического поля, помимо хаотического движения, в проводнике возникает упорядоченное движение ионов — положительных в направлении поля и отрицательных в направлении против поля. Тогда количество ионов каждого знака, проходящих в обе стороны через любое сечение проводника за какой-либо промежуток времени, оказывается различным: положительных ионов больше проходит в направлении поля, а отрицательных — больше в направлении против поля. Это движение разноименных зарядов в противоположных направлениях и

представляет собой электрический ток, величина которого пропорциональна средней скорости ионов и числу их в единице объема. Движение ионов равномерное, скорость его прямо пропорциональна действующей на ионы силе и обратно пропорциональна сопротивлению, которое испытывают движущиеся ионы со стороны среды. В жидкостях с И. п. сопротивление движению ионов, определяемое вязкостью жидкости, и количество ионов в единице объема не зависят от напряженности электрического поля (пока она не очень велика). Поэтому для таких проводников ток пропорционален напряженности поля, т. е. соблюдается закон Ома и сопротивление не зависит от напряженности поля. Но зависимость сопротивления от температуры в проводниках с И. п. оказывается иной, нежели в проводниках с электронной проводимостью.

При повышении температуры, с одной стороны, уменьшается вязкость жидкостей, а вместе с тем и сопротивление движению ионов; скорость движения ионов увеличивается. С другой стороны, в некоторых случаях увеличивается число ионов в единице объема (если образование ионов вызвано тепловым движением молекул жидкости). И то и другое увеличивает ток в проводнике при данной напряженности поля, и, следовательно, сопротивление проводника уменьшается. Между тем, почти у всех проводников с электронной проводимостью с повышением температуры сопротивление возрастает; это является одним из наиболее характерных различий двух основных классов проводников.

Ионное пятно — темный круг в центре светящегося экрана *кинескопов* старых типов (18ЛК1Б, 23ЛК1Б). И. п. образуется постепенно в результате бомбардировки и разрушения люминофора экрана тяжелыми отрицательными ионами, вылетающими из катода вместе с электронами. Магнитные поля отклоняющих и фокусирующей катушек почти не отклоняют ионных лучей. Вследствие этого пучок ионов почти неподвижен и имеет у экрана большой диаметр. И. п. в современных кинескопах устраняется *ионными ловушками* или применением *алюминированного экрана*.

Ионные приборы — *газоразрядные приборы*, служащие для целей выпрямления и преобразования электрического тока. К числу И. п. относятся *газотроны*, *ртутные выпрямители*, *игнитроны*, *тиратроны* и т. п.

Ионный стабилизатор напряжения — см. *Газовый стабилизатор напряжения*.

Ионный ток — ток, создаваемый положительными ионами, движущимися к находящемуся под отрицательным напряжением электроду газоразрядного или *электровакуумного прибора*. Достигнув отрицательно заряженного электрода, положительные ионы отбирают у него электроны и превращаются в нейтральные молекулы. Поэтому при наличии И. т. к отрицательному электроду должны все время поступать из внешней цепи электроны, т. е. во внешней цепи этого электрода протекает ток, направленный от электрода во внешнюю цепь. И. т., возникающий в вакуумных электронных приборах на отрицательно заряженных электродах, обусловлен тем, что в баллоне вакуумного прибора всегда имеется некоторый остаток газа и под действием быстролетящих электронов молекулы газа превращаются в ионы. Наличие И. т. является чувствительным указателем степени вакуума в электронных приборах. На измерении И. т. основаны ионизационные манометры для измерения малых давлений.

Ионосфера — сильно ионизированные, т. е. содержащие большое число электронов и ионов, слои атмосферы. Число электронов и ионов в единице объема примерно одина-

ково, так что И. представляет собой в целом нейтральную *электронно-ионную плазму*. *Ионизация* атмосферы вызывается воздействием Солнца, главным образом его ультрафиолетовым излучением. Степень ионизации меняется с высотой не монотонно: с ростом высоты ионизация сначала повышается, затем, достигнув некоторого максимума, начинает уменьшаться, после чего, достигнув минимального значения, снова увеличивается, достигает максимума и т. д. Несмотря на то, что ионизация в областях минимума не падает до нуля, она все же настолько меньше ионизации в соседних максимумах, что И. можно считать состоящей из нескольких отдельных ионизированных слоев. На большой высоте, где ультрафиолетовое излучение Солнца еще не ослаблено поглощением в атмосфере, лежит сильно ионизированный слой, а ниже — более слабо ионизированные слои. Степень ионизации слоев зависит от высоты Солнца.

И. играет существенную роль при распространении радиоволн, особенно средне- и коротковолнового диапазонов. В результате *преломления радиоволн в ионосфере* в отдельных ее слоях происходит сильное искривление путей их распространения, так что волны, не достигшие той высоты, на которой находится максимум ионизации данного слоя, настолько изменяют направление, что снова возвращаются к поверхности Земли. При этом слои И., лежащие на разной высоте, неодинаково влияют на распространение волн различной длины.

Самый нижний слой И. — слой D — лежит на высоте примерно 60—90 *км* над Землей. Днем концентрация электронов в нем достигает около $1 \cdot 10^3$ электронов в 1 *см*^{3} (ночью этот слой исчезает). Слой D играет существенную роль, главным образом, при распространении длинных волн, вызывая заметное их поглощение, обусловленное частыми соударениями электронов с молекулами атмосферы, плотность которой на высотах этого слоя еще значительна.

Следующий слой E, расположенный на высоте 100—120 *км* (концентрация электронов $1 \cdot 10^5$ в 1 *см*^{3}), влияет на распространение средних волн, вызывая их преломление и заставляя их следовать за кривизной Земли. В дневные часы, когда ионизация выше, слой E иногда влияет и на распространение коротких волн.

Примерно на высоте слоя E нерегулярно появляется и исчезает более сильно ионизированный слой, названный спорадическим слоем E_s (он был обнаружен *М. А. Бонч-Бруевичем* в 1934 г.). Ионизация слоя может достигать таких больших значений, что он вызывает отражение не только коротких, но и ультракоротких (метровых) волн.

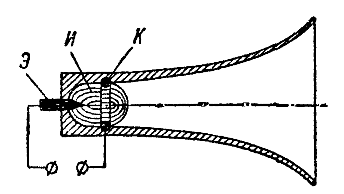
Выше слоя E лежит еще более сильно ионизированная область, имеющая максимумы ионизации на высотах 180—220 *км* (слой F_1) и 200—500 *км* (слой F_2). Первый максимум (слой F_1) отчетливо наблюдается только днем в летние месяцы, концентрация электронов в нем достигает $5 \cdot 10^5$ на 1 *см*^{3}. Максимальная концентрация электронов в слое F_2 составляет примерно $2 \cdot 10^6$ на 1 *см*^{3}. Короткие волны, достигнув этих слоев, преломляются в них и снова возвращаются на Землю, часто на очень большом расстоянии от передающей радиостанции. Поскольку коэффициент преломления в И. уменьшается с увеличением частоты волн (укорочением волны), ультракороткие волны не испытывают в И. заметного преломления. Только лежащие в длинноволновой части этого диапазона волны (6—10 *м*) заметно преломляются в И. при наличии сильной ионизации, например в спорадическом слое E_s.

Поскольку ионизация атмосферы вызывается воздействием Солнца, то степень ионизации и высота, на которой лежат ее максимумы, для

различных слоев И. существенно зависят от времени суток и года, а также от уровня солнечной активности. Наиболее сильна эта зависимость для слоя F_2, определяющего условия распространения коротких волн; вследствие этого особенно сильно изменяются в течение суток и в течение года условия дальнего приема коротких волн.

Ионосферные станции — установки, служащие для исследования состояния *ионосферы*. Большинство И. с. работает в *импульсном режиме*, предложенном для этой цели *М. А. Бонч-Бруевичем*. Посылаемые передатчиком И. с. импульсы, отразившись от того или иного слоя ионосферы, возвращаются на Землю и регистрируются приемником станции. По времени между моментами отправления и возвращения импульса можно определить действующую высоту слоя ионосферы, в котором происходит отражение.

Ионофон — излучатель звуковых и ультразвуковых колебаний, действие которого основано на изменении объема ионной плазмы при из-



менении напряжения, приложенного к электродам ионизирующего устройства. В настоящее время наиболее перспективным считается излучатель с применением факельного разряда, возникающего в разрыве высокочастотной электрической цепи и являющегося достаточно мощным источником *ионов*. Питающее факел высокочастотное напряжение (около 3 *кв* при частоте 30 *Мгц*) модулируется по амплитуде напряжением звуковой частоты и подводится к остроконечному электроду (*Э* — см. рис.) и кольцевому электроду (*К*). Пульсирующая ионная плазма (*И*) образуется в начальном сечении *рупора*, необходимого для более эффективного излучения *звуковых колебаний*. Пульсации плазмы с частотой модулирующих колебаний возбуждают звуковые волны в *рупоре*. И. успешно излучает частоты, значительно превосходящие пределы слышимости, т. е. может быть использован как *громкоговоритель* и как излучатель ультразвуковых колебаний.

Искажение — несоответствие сигнала, переданного по той или иной системе связи, первоначальному. Основными видами И. являются *частотные*, *нелинейные*, *фазовые И.*, *помехи*, сокращение *динамического диапазона*, И. *переходных процессов*, *детонации* (свойственные системам *звукозаписи*), нарушение пространственной перспективы. В системах *электроакустической* передачи звука наличие И. может обусловить те или иные особенности слухового восприятия, а при телевизионной или фототелеграфной передаче — И. переданного изображения. В зависимости от заметности различных И. устанавливаются нормы на их допустимые величины и *классы качества* аппаратуры. Для устранения ряда И. прибегают к их *коррекции* или повышению помехозащищенности системы связи.

Искровое возбуждение — *возбуждение затухающих колебаний* при помощи искрового разряда.

Искровой передатчик (искровая станция) — устаревший тип радиопередатчиков, в которых применяется метод *искрового возбуждения*.

Искровой разрядник — устройство, в котором возникает искровой разряд (см. *Газовый разряд*). Простейший И. р. представляет собой два острых или иной формы электрода, между которыми проскакивает искра, когда напряжение на них достигает определенной величины.

Искусственная линия — электрическая цепь, составленная из многих звеньев, содержащих емкости и индуктивности, и по некоторым свойствам эквивалентная *длинной линии*. Свойства длинной линии связаны с тем, что она обладает *распределенной емкостью* и *распределенной индуктивностью*. В случае однородной линии эти емкость и индуктивность распределены по длине линии равномерно. В И. л. (см. рис.) емкости C и индуктивности L так же «распределены» между отдельными звеньями равномерно, и при большом числе звеньев эта цепь эквивалентна некоторой длинной линии. Пока длина волны достаточно велика, не сказывается то, что распределенные емкость и индуктивность отдельных участков длинной линии заменены в И. л. отдельными сосредоточенными в конденсаторах и катушках емкостями и индуктивностями. При этом условии все соотношения между напряжениями и токами на входе и выходе И. л. и, в частности, *сдвиги фаз* между ними для всех волн, кроме наиболее коротких, оказываются такими же, как и для эквивалентной (т. е. обладающей теми же общей емкостью и общей индуктивностью) длинной линии. Это позволяет во многих случаях заменять длинную линию ее эквивалентом в виде И. л.; например, при подаче короткого импульса на вход И. л. на ее выходе этот импульс появится с таким же сдвигом во времени, как и в эквивалентной длинной линии. Это позволяет применять И. л. в качестве *линий задержки*.

Искусственное ухо — устройство, обладающее таким же *акустическим сопротивлением*, как и человеческое ухо. В полости И. у. находится измерительный *микрофон*, позволяющий измерять *звуковое давление*, создаваемое в полости уха. *Акустические измерения* с использованием И. у. применяются при объективных испытаниях телефонов.

Исполнительные устройства — элементы автоматических систем, осуществляющие заключительные операции процессов регулирования, измерения, слежения и т. д. И. у. классифицируется по характеру осуществляемых перемещений (непрерывные, дискретные, непрерывно-дискретные, шаговые), по роду применяемой энергии (электрические, пневматические, гидравлические) и по физическим свойствам и характеристикам применяемых элементов (контактные, бесконтактные и т. д.). Электрические И. у. могут быть двух типов: с электродвигателями и с приводом от электромагнита. В качестве электродвигателей используют электродвигатели постоянного тока и асинхронные короткозамкнутые электродвигатели. Для уменьшения выбега двигателей и возможно более точного останова применяют электромагнитные тормоза. Управление двигателями может быть релейно-контактным и бесконтактным. Конструктивно И. у. выполняются с вращательным или с поступательным перемещением выходного вала. И. у. могут быть одно- или многооборотными.

И. у. с электромагнитным приводом используются для реализации поступательных дискретных перемещений выходного вала. Наиболее совершенными И. у. являются бесконтактные устройства непрерывного действия, которые по своим свойствам и характеристикам во многом подобны следящим системам непрерывного действия. К основным характеристикам И. у. относятся: быстродействие, точность, потребляемая мощность, момент и скорость вращения выходного вала, вес и т. д.

Испытатель ламп — комбинированный измерительный прибор, предназначенный для проверки у электронных ламп целости нити накала, отсутствия короткого замыкания между электродами, а также величин крутизны характеристики, тока эмиссии катода и относительного качества вакуума. Некоторые типы И. л. позволяют измерять напряжения и токи в цепях лампы при ее работе в действующей схеме.

Испытатель транзисторов — комбинированный измерительный прибор для проверки годности и измерения основных параметров *транзисторов* в различных схемах включения.

Исследование операций — математическая дисциплина, являющаяся разделом *кибернетики*. Под операцией здесь понимается любой целенаправленный процесс — технологический, экономический, военный, характеризуемый большим числом взаимосвязанных показателей и зависящий от многих различных факторов. Методы И. о. позволяют выбрать наилучшие решения при планировании в народном хозяйстве, при регулировании уличного движения, организации обслуживания населения и т. д. Идеи И. о. близки к таким разделам кибернетики, как *игр теория*, *линейное программирование*, *динамическое программирование*, *массового обслуживания теория*, *моделирование*.

Источники напряжения и тока — *источники э. д. с.*, существенно различающиеся соотношением между внутренним сопротивлением источника и сопротивлением нагрузки. Когда внутреннее сопротивление источника э. д. с. очень мало по сравнению с сопротивлением нагрузки, его принято называть источником напряжения; если же внутреннее сопротивление источника э. д. с. очень велико по сравнению с сопротивлением нагрузки, его принято называть источником тока. Такое разделение основано на следующих соображениях. В первом случае внутреннее *падение напряжения* в источнике мало, напряжение на зажимах источника приблизительно постоянно и равно его э. д. с., т. е. можно считать, что источник э. д. с. задает некоторое определенное напряжение во внешней цепи. Во втором случае внутреннее падение напряжения очень велико и напряжение на зажимах источника существенно зависит от сопротивления нагрузки. Но зато ток почти не зависит от сопротивления нагрузки, так как общее сопротивление всей цепи практически определяется только внутренним сопротивлением источника, поскольку сопротивление нагрузки мало. Тогда можно считать, что источник э. д. с. задает определенный ток в цепи. Поэтому источник э. д. с. целесообразно рассматривать как источник напряжения в первом случае и как источник тока во втором.

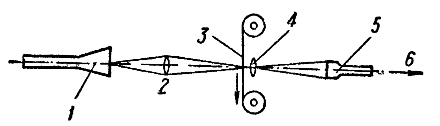
К

Кадр (телевизионный) — изображение, передаваемое за один цикл развертки.

Кадроскоп — электронно-лучевая трубка, подобная передающей трубке, мишень которой покрывается *люминофором*, как экран *кинескопа*. К., поставленный в камеру, позволяет наблюдать растр на мишени, образуемый считывающим лучом; это удобно при настройке *фокусирующей* и *отклоняющей системы камеры*.

Камера с бегущим лучом — устройство для передачи изображений, основанное на *развертке* бегущим световым пятном. Принцип действия К. с б. л. поясняется схемой (см. рис.). Световое пятно с экрана *просвечивающей трубки* с помощью объектива фокусируется на поверхности диапозитива или кинофильма. При развертке световой поток, проходящий сквозь пленку, моду-

лируется в соответствии с ее плотностью (прозрачностью). Стоящий позади пленки дополнительный объектив создает на чувствительной поверхности *фотоэлектронного умножителя* изображение отверстия основного объектива. Благодаря этому световое пятно на фотоэлектронном умножителе остается неподвижным — меняется лишь его



1 — просвечивающая электронно-лучевая трубка; *2* — объектив; *3* — диапозитив; кинофильм; *4* — объектив; *5* — фотоэлектронный умножитель; *6* — сигнал.

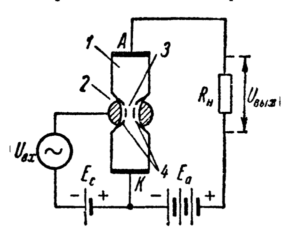
освещенность, что создает на выходе умножителя *сигнал изображения*. Без вспомогательного объектива сказывалась бы неоднородность чувствительности *фотокатода* умножителя.

К. с б. л. может работать не только на просвет, но и на отражение (как фототелеграфный аппарат). С помощью К. с б. л. можно также передавать сцены из небольшой студии. Послесвечение люминофора просвечивающей электронно-лучевой трубки вызывает необходимость коррекции сигнала с помощью дифференцирующих цепей. К. с б. л. используется при передаче черно-белых и цветных кинофильмов.

Камертонный генератор — *ламповый генератор* низкой частоты, в котором вместо электрического колебательного контура применен камертон.

Канал связи — совокупность устройств, обеспечивающих передачу сигналов от одного конечного пункта до другого. В зависимости от назначения связи различают каналы телеграфные, телефонные, телевизионные, телеуправления и др. С помощью одной совокупности передающих и приемных устройств можно осуществить одновременно несколько каналов связи (см. *Многоканальная радиосвязь*).

Канальный транзистор — полупроводниковый прибор, отличающийся от обычного транзистора тем, что свойственный К. т. механизм усиления обусловлен движением *основных носителей*. Одна из конструкций К. т. изображена на рис. Стержень *1* из германия с



электронной проводимостью имеет два вывода (катод *К* и анод *А*). На стержне имеется шейка *2*, в которой путем вплавления индия создан охватывающий все сечение кольцевой *p—n* переход (см. *Электронно-дырочный переход*). Стержень включается в выходную цепь, а на *p—n* переход подается обратное напряжение от батареи E_c и напряжение усиливаемого сигнала $U_{вх}$. Действующее сечение канала *3* (внутри шейки), по которому проходят электроны от катода к аноду, получается меньше ее геометрического сечения, так как электроны не могут проникать в *запорный слой 4*. Поскольку толщина запорного слоя зависит от величины напряжения на *p—n* переходе, сечение открытого для электронов канала, а вместе с ним сопротивление стержня, управляется напряжением усиливаемого сигнала. В результате в анодной цепи К. т. наблюдаются изменения тока, по форме соответствующие входному сигналу, и на нагрузочном сопротивлении $R_н$ выделяется усиленное напряжение $U_{вых}$. К. т. отличается очень высоким входным сопротив-

лением. Ввиду дрейфового характера движения носителей вдоль стержня (см. *Дрейф носителей заряда*) *граничная частота* коэффициента усиления К. т. может быть очень высокой. К. т. называют также полевым и униполярным транзистором.

«Карандашный» триод — маломощный генераторный триод для диапазона частот от 300 до 3000 *Мгц* с *дисковыми выводами*. Может генерировать колебания мощностью до 300—500 *мвт*. В отличие от других ламп с дисковыми выводами — *маячковых* и *металло-керамических*, имеет не плоские электроды, а цилиндрические, что упрощает его изготовление и позволяет при малых габаритах лампы получить большую рабочую поверхность электродов, но в то же время затрудняет получение предельно малых расстояний между электродами и малых междуэлектродных емкостей.

Карбидированный катод — см. *Торированный карбидированный катод*.

Карматрон — одно из видоизменений *лампы обратной волны* с замкнутой в кольцо замедляющей системой и с поперечным магнитным полем. В то же время у К. много общего с *магнетроном*, так как он имеет центральный цилиндрический катод большого диаметра, и электроны движутся во взаимно перпендикулярных статических электрическом и магнитном полях. В результате фазовой фокусировки образуются электронные лучи или «спицы», вращающиеся в направлении, обратном движению вдоль замедлителя.

Карточка-квитанция (QSL) — открытка, высылаемая коротковолновиком корреспонденту в подтверждение двухсторонней связи или приема сигналов любительской станции. На К. указывается *позывной сигнал*, местонахождение и технические данные радиостанции или радиоприемника отправителя квитанции, а также время связи, слышимость и качество принятых сигналов. Обычно К. красочно оформляются и иллюстрируются. Их принято размещать на стенах возле любительских станций или в альбомах как наглядное доказательство многочисленных радиосвязей.

Карцинотрон — см. *Лампа обратной волны*.

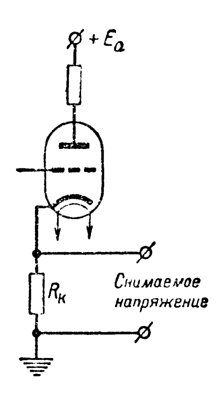
Каскад усиления — ступень усиления на *электронных лампах* или *полупроводниковых триодах*. Обычно в усилителях применяются несколько ступеней усиления, т. е. напряжения или токи, усиленные в одной ступени, затем подаются во вторую ступень, усиливаются ею, подаются в следующую ступень и т. д. Такое включение называется каскадным, почему отдельная ступень и называется К. у.

Катод — электрод, находящийся под отрицательным потенциалом. В электронных и ионных приборах (лампах, трубках и т. д.) К. называют электрод, испускающий электроны, т. е. дающий *электронную эмиссию*. В зависимости от вида электронной эмиссии различают К. термоэлектронные, фотоэлектронные, вторично-электронные и т. д. Термоэлектронные К. могут быть с прямым (непосредственным) накалом в виде нити и с косвенным накалом в виде специального электрода, подогреваемого миниатюрной электрической печкой (подогревные К.). В ионных приборах широко применяются К., дающие электронную эмиссию под ударами ионов, а также К., испускающие электроны вследствие явления автоэлектронной или *холодной эмиссии*.

Катодная лампа — см. *Электронная лампа*.

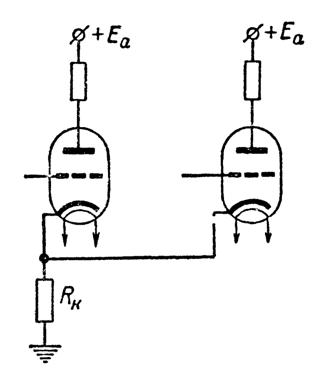
Катодная нагрузка — сопротивление, обычно активное, включенное в цепь катода электронной лампы ($R_к$ на рис.). Катодный ток, протекающий через сопротивление К. н., создает на нем падение на-

пряжения. К. н. применяется в *катодных повторителях*, некоторых



инверсных каскадах и в ряде других случаев.

Катодная связь — связь между электронными лампами, обусловленная наличием общего сопротивления $R_к$ в цепях катодов этих ламп (см. рис.). Изменение катод-



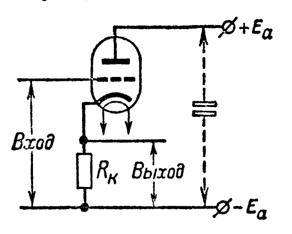
ного тока одной из ламп изменяет падение напряжения на сопротивлении $R_к$; вследствие этого меняется напряжение между сеткой и катодом другой лампы. Иногда под К. с. понимают обратную связь, возникающую в данном каскаде за счет сопротивления, включенного в цепь катода.

Катодная трубка — см. *Электронно-лучевая трубка*.

Катодное сопротивление — сопротивление, включенное в цепь катода электронной лампы, обычно для создания *автоматического сеточного смещения* или *катодной связи*.

Катодный осциллограф — см. *Электронный осциллограф*.

Катодный повторитель — предложенный П. П. Куксенко в 1924 г. одноламповый усилитель на сопротивлениях со 100%-й отрицательной *обратной связью*, которая задается с помощью сопротивления $R_к$ (см. рис.), включенного в цепь



катода лампы. С этого же сопротивления снимается выходное напряжение, которое совпадает по фазе с входным напряжением. Название К. п. дано именно потому, что выходное напряжение «повторяет» фазу входного напряжения (в обычном усилителе на сопротивлениях эти напряжения противоположны по фазе). Из-за наличия 100%-й отрицательной обратной связи у К. п. коэффициент усиления (по напряжению) всегда меньше единицы, но зато весьма невелики входная емкость и выходное сопротивление, что во многих случаях является ценным свойством. Малое выходное сопротивление облегчает согласование К. п. с входным сопротивлением линии, кабеля и т. д. (см. *Согласованная нагрузка*). Если К. п. работает на емкость, то малое выходное сопротивление позволяет получить *малую постоянную времени* выходной цепи, благодаря чему через К. п.

можно передать гораздо более быстрые изменения напряжения, чем в случае обычного усилителя с большим выходным сопротивлением, работающего на ту же емкость. Поэтому К. п. широко применяется в качестве выходного каскада в усилителях для коротких импульсов (в радиолокации, телевидении и т. п.).

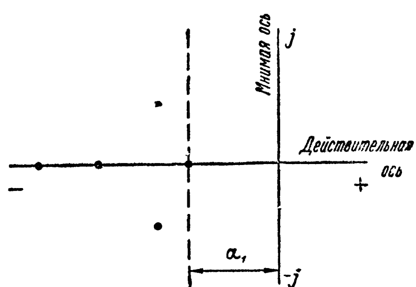
Катодный ток — ток в цепи, присоединенной к *катоду* электронной лампы. К. т. обычно по величине больше анодного, так как он определяется числом электронов, попадающих не только на анод, но и на все другие электроды лампы (например, на все сетки)

Катодолюминесценция — свечение люминофоров под действием электронной бомбардировки. К. лежит в основе действия экранов осциллографических *электронно-лучевых трубок* и *кинескопов*.

Качание частоты — изменение частоты генератора (передатчика) в обе стороны от ее среднего значения при *частотной модуляции*.

Качество (систем автоматического управления и регулирования) — совокупность показателей, характеризующих форму процесса управления или регулирования. Разнообразие в характере и условиях работы систем автоматического управления, сложность непосредственного вычисления показателей К. регулирования, а также стремление создать простые методы расчета привели к разработке различных косвенных оценок К. Существующие методы оценки К. можно разделить на соответствующие группы: 1) оценки по временным показателям; 2) оценки по запасу устойчивости; 3) частотные оценки; 4) *интегральные оценки*.

Оценки К. основаны на анализе процесса регулирования при действии на входе системы возмущения в виде единичного скачка. Оценка К. по запасу устойчивости основана на анализе распределения корней характеристического уравнения. Под запасом устойчивости подразумевают абсолютное значение вещественной части корней характеристического уравнения, ближайших к мнимой оси. На рис. точками обозначены корни характеристического уравнения, α_1 — запас устойчивости. При пользовании



такой оценкой предполагается, что переходный процесс в системе с большей степенью устойчивости затухает быстрее и, следовательно, время регулирования меньше.

Частотные оценки К. используют: полосу пропускания системы, оценку по максимуму амплитудной и частотной характеристик и т. д. Преимущество частотных методов состоит в значительном уменьшении вычислительной работы. Интегральные оценки К. основаны на использовании интегральных показателей качества. При действии на системы случайных возмущений К. оценивается при помощи среднеквадратической ошибки.

КБВ — *коэффициент бегущей волны*.

Квадратурная модуляция — амплитудная *балансная модуляция* двумя независимыми сигналами двух напряжений (или токов) одной и той же несущей частоты, сдвинутых друг относительно друга по фазе на 90°. Суммарное колебание той же частоты оказывается промодулированным как по амплитуде, так и по фазе; оно передается по каналу связи. С помощью *синхронных детекторов*, имеющих гетеро-

дины, синхронные и синфазные с модулированными напряжениями, оба сигнала модуляции выделяются независимо. Таким образом, К. м. позволяет на одной несущей частоте осуществить два независимых канала связи. При этом необходимо полностью передавать обе *боковых полосы* частот. Уплотнение канала связи с помощью К. м. применяется в *совместной системе цветного телевидения* для передачи двух *цветовых сигналов* на одной *цветовой поднесущей* частоте.

Квазиравновесие — состояние схемы *релаксационного генератора*, которое характеризуется относительно медленными изменениями напряжений и токов, приводящими в конечном итоге к лавинообразному опрокидыванию схемы.

Квазистационарный ток — протекающий в замкнутом контуре переменный ток, которому соответствует длина электромагнитной волны, во много раз превышающая размеры контура. Если в какой-либо точке замкнутого контура действует переменная э. д. с., то в другой, наиболее удаленной точке контура, отстоящей от первой на наибольшем в данном контуре расстоянии l, это скажется только через время $t = l/v$, где v — скорость распространения электромагнитного поля вдоль проводов контура. Но если соответствующая току длина волны λ гораздо больше l, то период тока T гораздо больше t (так как $T = \lambda/v$). Но если время распространения электромагнитного поля вдоль контура гораздо меньше периода тока, то за это время величина э. д. с. не успевает сколько-нибудь заметно измениться. Это значит, что временем распространения электромагнитной волны вдоль контура можно пренебречь. Поэтому можно считать, что в каждый момент времени мгновенное значение К. т. в контуре определяется только значением э. д. с. в этот же момент времени и одинаково во всех сечениях провода неразветвленного контура.

Квазиустойчивое состояние — то же, что *квазиравновесие.*

Квантование сигналов — процесс замены непрерывных сигналов дискретными. При непрерывном способе передачи передаются любые мгновенные значения сигналов, а при дискретном — только некоторые, определенным образом выбранные значения сигналов. Различают квантование сигналов по уровню, времени и одновременно по уровню и времени. При квантовании по уровню фиксируются и используются дискретные уровни сигнала в произвольные моменты времени; при квантовании по времени фиксируются и используются уровни сигналов в определенные равноотстоящие моменты времени. При одновременном квантовании по времени и по уровню непрерывный сигнал заменяется дискретными уровнями, ближайшими к значениям непрерывного сигнала в дискретные моменты времени.

Возможность замены непрерывных сигналов дискретными основана на теореме, доказанной В. А. Котельниковым, о том, что непрерывная функция времени, спектр которой не содержит гармоник выше f_m, может быть полностью определена последовательностью ее дискретных значений, взятых через промежутки времени

$$\Delta t = \frac{1}{2f_m}.$$

Передача дискретных сигналов обладает большими преимуществами перед передачей непрерывных сигналов с точки зрения помехоустойчивости, надежности и эффективности использования *канала связи.* В качестве квантующих устройств используют электромеханические преобразователи, превращающие непрерывные величины в пропорциональный поворот вала, на который насажен диск с кодовыми комбинациями, считываемыми

неподвижным приемником. В электронных квантующих устройствах на специальных квантующих трубках поворот диска заменяется перемещением электронного луча.

Квантованный видеосигнал — сигнал изображения, мгновенные значения которого заменяются одним из заранее установленных уровней, ближайшим к истинному значению сигнала. Переход с одного уровня квантованного сигнала на другой осуществляется в минимальное время, определяемое полосой частот. Моменты перехода К. в. могут соответствовать моментам истинных переходов в сигнале, или также квантоваться при *шаговой развертке*. К. в. получается с помощью преобразователей *напряжение — цифра* и используется при кодово-импульсной модуляции и для цифровой обработки сигналов изображения в *телевизионных автоматах*.

Квантовая радиоэлектроника — раздел *радиоэлектроники*, разрабатывающий вопросы, в которых принципиальную роль играют квантовые свойства электромагнитного излучения. Электромагнитное излучение имеет двойственную природу: в одних явлениях выступает его волновая природа и объяснить эти явления можно, рассматривая электромагнитное излучение как совокупность электромагнитных волн; в других явлениях выступает квантовая природа электромагнитного излучения, и объяснить их удается, только рассматривая электромагнитное излучение как совокупность отдельных квантов (порций) электромагнитной энергии.

Квантовые и волновые свойства данного электромагнитного излучения связаны между собой формулой Планка:

$$E = h\nu,$$

где E — энергия кванта, ν — частота колебаний в электромагнитной волне и h — постоянная Планка ($h = 6{,}6 \cdot 10^{-27}$ *эрг/сек*). Как видно из формулы Планка, чем длиннее электромагнитная волна (чем меньше ν), тем меньше энергия отдельного кванта. Поэтому, пока речь идет не о самых коротких радиоволнах, энергия кванта очень мала, и то наименьшее количество энергии, которое еще может быть обнаружено наиболее чувствительными приборами, состоит из очень большого числа квантов энергии. В этих условиях квантовые свойства электромагнитного излучения не играют существенной роли и их трудно обнаружить.

По мере укорочения длины радиоволн до сантиметровых и миллиметровых и повышения чувствительности приемной радиоаппаратуры в этом диапазоне волн, с одной стороны, возрастает энергия отдельного кванта, а с другой, — становится возможным обнаружение все меньших и меньших количеств энергии; минимальное обнаружимое количество энергии содержит уже небольшое число квантов. В таких условиях квантовые свойства электромагнитного излучения играют существенную роль и сказываются в тех явлениях, в которых возникает электромагнитное излучение атомов и молекул или происходит взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Изучение этих явлений и применение их для практических целей и составляет задачу К. р. Отдельные направления К. р., такие, как *радиоспектроскопия*, теория молекулярных и атомных генераторов, *квантово-механических усилителей*, быстро развиваются.

Квантовые генераторы — генераторы стационарных электромагнитных колебаний, возбуждаемых в какой-либо колебательной системе (например, объемном резонаторе) с помощью *квантового усилителя* с обратной связью. Одним из наиболее распространенных типов К. г. являются молекулярные и атомные генераторы, в которых принцип

квантового усилителя применяется к молекулярному или атомному пучку. Инверсия населенностей уровней в этих пучках достигается при помощи специальных сортирующих систем (электрических или магнитных), оставляющих в пучке преимущественно те молекулы (или атомы), которые находятся на высшем энергетическом уровне. После выхода пучка из сортирующей системы в нем преобладают молекулы (или атомы), находящиеся на высшем энергетическом уровне. Попадая в объемный резонатор, настроенный на частоту, очень близкую к частоте квантов, соответствующих переходу молекул (или атомов) с высшего на низший уровень, под действием поля объемного резонатора молекулы (или атомы) будут излучать кванты, увеличивающие энергию колебаний в объемном резонаторе. Если энергия излученных квантов превышает все потери в объемном резонаторе, то колебания будут нарастать до того момента, когда потери энергии в объемном резонаторе достигнут величины энергии, отдаваемой всеми излучаемыми квантами объемному резонатору. Такое положение наступает потому, что в сильном поле электромагнитной волны, вызывающей индуцированное излучение, суммарная энергия излучаемых квантов растет медленнее, чем напряженность поля волны. Поэтому потери энергии в объемном резонаторе в конце концов достигают величины энергии, отдаваемой всеми излучаемыми квантами, после чего в объемном резонаторе устанавливаются колебания с постоянной амплитудой — *автоколебания*.

В К. г. на молекулярных и атомных пучках для инверсии уровней населенности применяются также методы «оптической накачки». В этом случае роль вспомогательного излучения играет мощное оптическое излучение, но частоты квантов индуцированного излучения лежат в радиодиапазоне. Особенность индуцированного излучения состоит в том, что все излучаемые кванты обладают точно той же частотой, фазой, поляризацией и направлением скорости распространения, что и электромагнитная волна, вызывающая излучение этих квантов. Принимая специальные меры, например, ослабляя взаимодействие молекул (или атомов) между собой в молекулярных пучках, уменьшая влияние *Допплера эффекта* и т. д., можно обеспечить очень высокую точность совпадения частот всех излучаемых квантов, благодаря чему может быть достигнуто очень высокое постоянство частоты колебаний, создаваемых К. г.

Важнейшее преимущество молекулярных и атомных генераторов перед всеми другими типами генераторов электрических колебаний состоит именно в исключительно высокой стабильности их частоты. В молекулярном генераторе на пучке молекул аммиака может быть достигнута стабильность частоты порядка 10^{-10}. В атомном генераторе на пучке атомов водорода может быть достигнута еще более высокая стабильность ($1 \cdot 10^{-12}$ и выше).

Высокая стабильность частоты К. г. определяет важные области их применения. Молекулярные и атомные генераторы могут быть использованы в качестве высокоточных часов (молекулярные и атомные часы), задающих генераторов в специальных измерениях, требующих точного знания частоты (например, радионавигационных измерениях и т. д.). Выше шла речь о К. г., работающих в диапазоне радиоволн. Еще более важные практические применения нашли К. г. в диапазоне оптических волн (см. *Оптический генератор*).

Квантовый выход фотоэлектронной эмиссии — отношение числа освобожденных светом фотоэлектронов к числу падающих на фотокатод световых квантов (фотонов),

обладающих достаточной энергией для преодоления *работы выхода*. Квантовый выход в идеале равен 1 или 100%. В максимуме *спектральной чувствительности* сурьмяно-цезиевого фотокатода К.в.ф.э. достигает 30%; в среднем он порядка 1%.

Квантовый усилитель (*мазер*) — устройство, в котором происходит усиление приходящей электромагнитной волны в результате ее взаимодействия с веществом, способным испускать кванты электромагнитной энергии, обладающие частотой, фазой, поляризацией и направлением распространения такими же, какими обладает приходящая волна.

При взаимодействии электромагнитной волны с веществом может происходить как поглощение, так и излучение квантов, в зависимости от того, в каком состоянии находятся атомы (молекулы) вещества. В обычных условиях поглощение квантов веществом преобладает над излучением, и в результате этого происходит ослабление проходящей в веществе волны. Однако могут быть созданы такие специальные условия, при которых преобладает излучение квантов и усиливается проходящая волна.

Для того чтобы было возможно такое индуцированное проходящей волной излучение квантов энергии, прежде всего необходимо, чтобы атомам вещества были свойственны состояния с энергиями E_1 и E_2 ($E_2 > E_1$), разность между которыми $\Delta E_{21} = E_2 - E_1$ как раз равна энергии кванта проходящей волны. Тогда атом вещества может как излучать, так и поглощать кванты, совпадающие по частоте с квантами проходящей волны. При излучении кванта атом переходит из состояния, соответствующего большей энергии E_2, в состояние, соответствующее меньшей энергии E_1. Наоборот, при поглощении кванта атом переходит из состояния с энергией E_1 в состоянии с энергией E_2. При этом переходы из состояния, в котором находится большее число атомов, в состояние, в котором находится меньшее число атомов, происходят чаще, чем обратные переходы (т. е. переходы из состояния, в котором находится меньшее число атомов, в состояние, в котором находится большее число атомов).

Однако в обычном состоянии вещества (состояние термодинамического равновесия) на уровнях с большей энергией E_2 находится меньшее число атомов, чем на уровнях с меньшей энергией E_1. Вследствие этого при взаимодействии электромагнитной волны, обладающей частотой $\nu_{21} = \frac{E_2 - E_1}{h}$ (где h — постоянная Планка), с веществом, находящимся в равновесном состоянии, поглощение квантов с энергией веществом преобладает над излучением тех же квантов, и электромагнитная волна при прохождении через вещество ослабляется. Но если равновесное состояние будет нарушено, так что число атомов, находящихся на более высоком уровне энергии E_2, окажется больше, чем число атомов, находящихся на более низком уровне энергии E_1, то излучение квантов веществом (переход атомов вещества с уровня энергии E_2 на уровень E_1) будет происходить чаще, чем поглощение квантов веществом (переход атомов с уровня E_1 на уровень E_2). В результате волна, распространяющаяся в веществе, будет усиливаться (конечно, при условии, что другие потери, возможные при распространении волны, малы и не подавляют преобладания индуцированного излучения над поглощением). В этом и заключается принцип действия К. у. электромагнитных волн. Данный принцип в одинаковой мере применим для усиления как радиоволн, так и световых волн (впервые он был предложен именно как принцип усиления световых волн В. А.

Фабрикантом в 1940 г.). Применяя этот принцип усиления электромагнитных волн в сочетании с принципом *обратной связи*, можно в системе, в которой распространяются электромагнитные волны, создать режим *автоколебаний*, т. е. осуществить новый метод возбуждения электромагнитных колебаний. Такой метод применяется как в радиодиапазоне (см. *Молекулярные* и *атомные генераторы*), так и в диапазоне световых волн (см. *Оптические генераторы*).

За создание этих новых методов возбуждения электромагнитных волн советским ученым Н. Г. Басову и А. М. Прохорову и американскому ученому Таунсу в 1964 г. была присуждена Нобелевская премия.

Нарушение равновесного состояния, необходимое, как указывалось выше, для того чтобы число атомов, находящихся на уровнях энергии E_2, было больше, чем число атомов на уровнях энергии E_1 (хотя $E_2 > E_1$), может быть достигнуто различными способами. В К. у. радиодиапазона наиболее широко применяется метод «накачки», который состоит в следующем. Вещество, взаимодействующее с электромагнитной волной, выбирается такое, чтобы атомы его могли находиться не на двух, а на трех уровнях энергии $E_1 < E_2 < E_3$ (требуемое расщепление уровней энергии может быть достигнуто, например, воздействием внешнего магнитного поля на кристалл определенной структуры; чаще всего в К. у. радиодиапазона применяется рубин). Помимо усиливаемых электромагнитных волн, например частоты $\nu_{32} = \frac{E_3 - E_2}{h}$, в кристалл рубина от специального генератора посылаются мощные электромагнитные волны, например частоты $\nu_{31} = \frac{E_3 - E_1}{h}$. Поглощение этих волн атомами рубина, находящимися на уровне E_1, переводит их на уровень E_3. И если уровень E_2 расположен ближе к уровню E_3, чем к уровню E_1, то число атомов, находящихся на уровне E_3, оказывается больше, чем число атомов, находящихся на уровне E_2. Таким образом, может быть создана «инверсия населенности уровней» E_2 и E_3, необходимая для того, чтобы излучение кристаллом квантов энергии $\Delta E_{32} = E_3 - E_2$ преобладало над поглощением кристаллом квантов энергии $\Delta E_{23} = |E_2 - E_3|$. Так как E_2 ближе к E_3, чем к E_1, то $\Delta E_{32} < \Delta E_{21}$, и значит $\nu_{32} < \nu_{21}$, т. е. частота «накачки» $\nu_{31} = \nu_{32} + \nu_{21}$ должна более чем вдвое превышать усиливаемую частоту ν_{32}.

Разность населенностей уровней, которая может быть создана в результате «накачки», обратно пропорциональна абсолютной температуре кристалла (чем интенсивнее тепловое движение, тем сильнее оно сглаживает разность населенностей, не соответствующую равновесному состоянию). Значительная разность населенностей, необходимая для того, чтобы излучение квантов энергии достаточно сильно преобладало над их поглощением, может быть получено только при достаточно низких температурах. Для этого кристалл рубина в К. у. помещают в жидкий гелий, который охлаждает кристалл до температуры 3—4° К. В жидкий гелий погружается объемный резонатор, в котором находится кристалл рубина. Так как в кристалле должны возбуждаться как принимаемая электромагнитная волна с частотой ν_{32}, так и волна «накачки» с частотой ν_{21}, то объемный резонатор делается двухчастотным — настроенным на обе указанных волны (для этого используется то обстоятельство, что волны разных типов, которые могут возбуждаться в объемном резонаторе, обладают разными частотами). Приходящая волна (сиг-

нал) и волна «накачки» вводятся в объемный резонатор через волноводы. Усиленная в объемном резонаторе принимаемая волна по тому же волноводу возвращается обратно.

Для того чтобы разделить принимаемую и усиленную волны, применяется специальное устройство, позволяющее разделить волны, распространяющиеся по одному волноводу, в двух направлениях, — так называемый ферритовый циркулятор, который соединяется с входным концом волновода. К ферритовому циркулятору присоединяются (в разных его точках) приемная антенна и приемник СВЧ. Ферритовый циркулятор направляет поступающий из приемной антенны сигнал в объемный резонатор с рубином, а усиленный в объемном резонаторе сигнал (после его возвращения) — в усилитель СВЧ для дальнейшего усиления.

Коэффициент усиления, который может быть получен в К. у. с объемным резонатором, существенно зависит от того, какая ширина полосы в этом усилителе должна быть получена. Поскольку усиление в объемном резонаторе происходит в результате преобладания излучения над потерями, то вместе с усилением повышается добротность объемного резонатора и суживается полоса его пропускания, так же как это происходит в обычном *регенераторе*. Поэтому, чем больше коэффициент усиления, тем у́же полоса пропускания К. у. Произведение коэффициента усиления на полосу пропускания для К. у. с объемным резонатором оказывается величиной примерно постоянной и равной 100 *Мгц* (например, при полосе пропускания 10 *Мгц* коэффициент усиления $k \approx 10$).

Основное преимущество К. у. перед другими типами усилителей — это низкая *шумовая температура* на входе К. у. *Тепловое электромагнитное излучение* объемного резонатора с кристаллом (находящихся при температуре не более 4° К) пренебрежимо мало. Поэтому шумовая температура на входе К. у. определяется, главным образом, потерями в элементах высокочастотного тракта, лежащих до объемного резонатора и находящихся при температурах порядка 300° К (волновод от антенны до циркулятора, сам циркулятор). Но так как потери в этих элементах малы, то шумовая температура на входе К. у. много меньше 300° К. Она может быть снижена до нескольких десятков градусов Кельвина. Для того чтобы приемник СВЧ, включаемый после К. у., не увеличивал шумовой температуры всего приемного устройства, шумовая температура на входе СВЧ приемника, пересчитанная на вход К. у., должна быть много меньше шумовой температуры самого К. у. Это требование выполнить тем труднее, чем меньше коэффициент усиления К. у. Поэтому основное преимущество К. у. практически может быть использовано только в том случае, когда его коэффициент усиления не слишком мал, т. е. полоса пропускания не очень широка. Но узкая полоса существенно ограничивает возможности К. у. Чтобы устранить это ограничение, применяются широкополосные К. у., отличающиеся от рассмотренного тем, что вместо объемного резонатора применяются волноводные системы, в которых усиливаемая электромагнитная волна распространяется в виде *бегущей электромагнитной волны*, взаимодействующей с расположенным на пути ее распространения веществом, находящимся в условиях инверсии населенности уровней. Отсутствие объемного резонатора (и других узкополосных элементов) позволяет в К. у. с бегущей волной получить большой коэффициент усиления при достаточно широкой полосе пропускания.

Описанные К. у., применяемые главным образом в диапазоне от коротких дециметровых до миллиметровых волн, получили сокращенное название «мазер» по первым буквам английского названия — «микроволновый усилитель с индуцированным испусканием излучения».

Кварцевая стабилизация — см. *Стабилизация частоты.*

Кварцевые часы — устройство, в котором в качестве масштаба времени служит не период колебаний маятника, как в обычных часах, а период колебаний *пьезоэлектрического (кварцевого) резонатора*, играющего роль колебательного контура в ламповом генераторе. Помещение кварцевого резонатора в термостат и другие специальные меры обеспечивают высокое постоянство частоты лампового генератора, а вместе с тем и высокую точность К. ч. Период колебаний кварцевого резонатора К. ч. составляет очень малую долю секунды. Чтобы от этого масштаба времени перейти к обычному, т. е. к секунде, применяется многократное деление частоты колебаний.

Кварцевый калибратор — измерительный прибор, представляющий собой *ламповый генератор с кварцевой стабилизацией частоты* и создающий колебания определенных фиксированных частот. С помощью К. к., зная частоты создаваемых им колебаний и частоты их гармоник, проверяют в определенных точках диапазона частоты настройки радиоприемников, радиопередатчиков и т. д.

Квитанция — подтверждение в приеме радиограммы, переданное корреспондентом по радио. Обычно передается с указанием времени приема и количества принятых слов или групп знаков. Без получения К. радиограмма не считается переданной.

Кенотрон — двухэлектродная электронная лампа (см. *Диод*), предназначенная для выпрямления переменного тока. В К., как и во всякой электронной лампе, поток электронов движется от катода к аноду, и, значит, ток в нем может течь только в одном направлении. Для получения *двухполупериодного выпрямления* К. делаются с двумя анодами, имеющими отдельные выводы. Обычно К. применяются в выпрямителях, питающих аноды усилительных ламп. Эти К. рассчитаны на выпрямление напряжений в сотни вольт и токов в сотни миллиампер. В телевизионных приемниках для питания электроннолучевой трубки применяется специальный К., рассчитанный на высокое напряжение и небольшой ток.

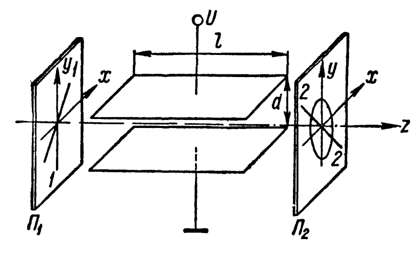
Кенотронный выпрямитель — выпрямитель, в котором в качестве выпрямляющего элемента применяется *кенотрон.* К. в. обычно применяется для питания от сети переменного тока анодов электронных ламп небольшой мощности, например ламп приемников или маломощных генераторов. Для устранения пульсаций выпрямленного тока К. в. снабжаются *сглаживающими фильтрами.*

Керамический конденсатор — *конденсатор*, в котором в качестве диэлектрика применена *высокочастотная керамика.*

Керр-эффект — электрооптическое явление, состоящее в том, что линейно поляризованный свет, распространяющийся в прозрачном диэлектрике (например, нитробензоле), под влиянием поперечного электрического поля в нем становится эллиптически поляризованным. К. объясняется тем, что под влиянием поля диэлектрик становится оптически неоднородным. Луч, поляризованный в плоскости, параллельной полю, распространяется медленнее, чем луч, поляризованный под углом 90° к нему. При прохождении расстояния l между двумя такими лучами образуется разность хода (и фаз) Δ, которая пропорциональна l и квадрату напряженности поля E: $\Delta =$

$= BlE^2$. Наибольшая постоянная Керра B оказалась у нитробензола.

К. лежит в основе безынерционных модуляторов света, называемых *ячейкой Керра* или конденсатором Керра. Принцип действия такого управления световым потоком поясняется схемой (см. рис.).



К плоскому конденсатору, погруженному в нитробензол, прикладывается модулирующее напряжение U. Оно создает поле $E = U/d$ *в/см* в направлении оси y. Свет, прошедший через поляроид $П_1$ (поляризатор), линейно поляризован в плоскости *1—1* под углом 45° к оси y. Поляроид $П_2$ (анализатор) пропускает свет, поляризованный в плоскости *2—2* под углом 90° к плоскости *1—1*. Поляроиды $П_1$ и $П_2$ скрещены.

Линейно поляризованный луч на входе конденсатора можно разложить на два луча с колебаниями в плоскостях zx и zy и нулевой разностью фаз. Если $U = 0$, то поля в нитробензоле нет и оба луча на выходе конденсатора также имеют нулевую разность фаз. Суммарный луч поляризован по-прежнему в плоскости *1—1* и сквозь $П_2$ не пройдет. Но если $U \neq 0$, то на вход $П_2$ попадет луч, поляризованный по эллипсу. Составляющая колебаний в плоскости *2—2* выходит из ячейки Керра.

Отношение прошедшего светового потока Φ' к падающему Φ, т. е. «прозрачность» ячейки Керра, зависит от U:

$$\frac{\Phi'}{\Phi} = \rho \sin^2 \pi B \left(\frac{U}{d}\right)^2 l.$$

(ρ — прозрачность поляроидов, стенок сосуда и нитробензола). Эта зависимость — модуляционная характеристика ячейки Керра.

К. обладает ничтожной инерцией, порядка 10^{-10}—10^{-11} *сек*, что позволяет использовать его для построения весьма быстродействующего электрооптического затвора и для широкополосной модуляции светового потока. Практически полоса частот ограничивается емкостью конденсатора и диэлектрическими потерями в нитробензоле. В последнее время К. успешно используется для широкополосной модуляции лазерного излучения, например телевизионной передачи на оптической несущей частоте. Большая параллельность лазерного луча хорошо согласуется с узкими щелями между пластинами конденсатора Керра, что позволяет увеличить отношение l/d, т. е. уменьшить модулирующее напряжение.

Кибернетика — наука об управлении в самом широком смысле слова, рассматривающая общие закономерности процессов управления в социальных системах, живых организмах и технических устройствах. В соответствии со сферой изучения различают биологическую К., *техническую К.*, экономическую К. Создание К. было подготовлено многочисленными трудами отечественных и зарубежных ученых в области теории *автоматического управления* (И. А. Вышнеградский, В. С. Кулебакин, А. А. Андронов и др.); *теории информации* (К. Шеннон, А. Н. Колмогоров, А. А. Харкевич, В. А. Котельников и др.); управления в живых организмах (И. М. Сеченов, И. П. Павлов и др.). В своем современном виде К., как научное направление, была оформлена крупным американским ученым-математиком Норбертом Винером (1894—1964), книга которого «Кибернетика или управление и связь в животном и машине» (1948 г.) явилась первым

систематическим изложением основных идей К. В течение последнего десятилетия идеи К. получили широкое распространение и дальнейшую глубокую разработку в нашей стране, где в области К. и ее приложений работают такие крупнейшие ученые, как А. И. Берг, В. М. Глушков, С. А. Лебедев, С. Л. Соболев, В. А. Трапезников и др.

Общность процессов управления в качественно отличных друг от друга кибернетических системах характеризуется одинаковой в принципе простейшей структурной схемой управления; общими принципами восприятия, *кодирования*, передачи, хранения и переработки *информации*; наличием цели и *алгоритма* управления. Простейшая

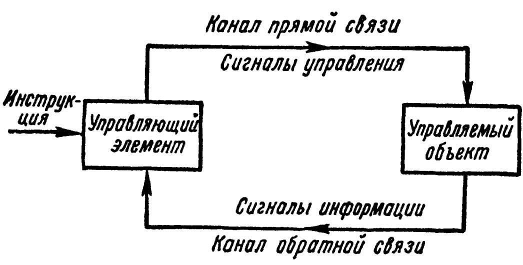


схема управления (см. рис.) обязательно включает в себя управляющий элемент, управляемый объект и канал прямой и обратной связи между ними. Управляющий элемент вырабатывает сигналы или команды управления (управляющую информацию), соответствующие некоторой программе управления. Эта управляющая информация по каналу прямой связи передается к объекту управления и воздействует на последний. При неавтоматическом управлении роль управляющего элемента в кибернетической системе исполняет человек. В автоматических системах управляющими элементами являются регуляторы различного типа, причем наиболее совершенными и гибкими регуляторами, способными осуществлять управление по сложной программе, меняющейся в зависимости от обстановки, являются электронные *цифровые вычислительные машины*. В высокоорганизованных живых организмах роль регулятора выполняет центральная нервная система. *Каналы связи* также могут иметь различную природу — акустические (при передаче голосовых команд), механические (гибкие тяги, пневмо- и гидропривод), оптические, электрические и др. В живых организмах каналами для передачи информации являются нервные проводники. Управляемый объект может представлять собой людей-исполнителей, те или иные технические (производственные или транспортные) агрегаты, органы живого организма.

Схема управления характеризуется наличием замкнутой кольцевой цепи передачи информации. От управляющего элемента к управляемому поступает управляющая информация, от объекта к регулятору — осведомительная информация о фактическом состоянии объекта и его реакциях на управляющие воздействия. Сам процесс управления может быть сформулирован как выдача регулятором управляющей информации, соответствующей заданной *программе*, и корректировка этой управляющей информации в соответствии с изменяющимися внешними условиями и с учетом реакций объекта с целью ввести объект в русло оптимального режима функционирования.

Общность процессов управления в различных системах не ограничивается сходством структурных схем управления. Эта общность распространяется и на математический аппарат и уравнения, кото-

рыми описываются различные кибернетические системы.

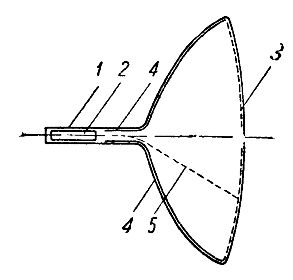
Основными разделами К. как математической науки об управлении являются: 1) теория систем автоматического управления с особым акцентом на роль обратных связей в контурах управления; 2) теория информации; 3) теория регуляторов с точки зрения их способности к выполнению определенных логических функций. В технической К. подлежит рассмотрению в первую очередь теория быстродействующих цифровых машин и выполнение ими логических функций, сходных с процессами человеческого мышления. В биологической К. наиболее важным объектом изучения являются функции центральной нервной системы, рассматриваемые нейрокибернетикой. В К., которая относится к классу точных наук, важнейшую роль играют математические методы исследования, в которых особенно широкое применение находят такие разделы математики, как теория вероятностей, математическая статистика, теория случайных процессов, математическая логика, теория алгоритмов, теория множеств, теория игр, исследование операций, теория *графов*, *линейное программирование*, *динамическое программирование* и др.

В рамках К. возник ряд самостоятельных разделов, причем некоторые из них оформились в самостоятельные научные дисциплины. Примером может служить теория автоматов, изучающая специальный класс дискретных систем переработки информации, включающих в себя большое количество элементов и моделирующих работу нервных сетей. Важным методом изучения систем управления является *моделирование* их на универсальных цифровых машинах.

Рассматривая вопросы общей теории организованных систем, особое внимание К. уделяет самоорганизующимся системам, которые могут самостоятельно переходить из произвольных начальных состояний в те или иные устойчивые состояния, соответствующие характеру внешних воздействий. Благодаря наличию у самоорганизующихся систем механизмов целенаправленного отбора и фиксации наиболее устойчивых состояний при определенных внешних воздействиях у этих систем может вырабатываться целесообразное поведение, обеспечивающее оптимальный режим работы и наибольшую устойчивость в сложных изменяющихся условиях внешней среды. Чтобы обладать свойствами самоорганизации, системы должны характеризоваться определенной степенью сложности, которая, в частности, должна выражаться в *избыточности* их структурных элементов и случайном характере связей между ними (*нервные сети*, технические системы типа *перцептрона* и др.).

К. имеет важное значение в развитии науки и техники как с методологической, так и с практической точки зрения. Техническая К. является теоретической основой автоматизации технологических и транспортных процессов. Биологическая К. способствует более глубокому познанию процессов в живых организмах и в человеке и тем самым помогает развитию медицины вообще и *медицинской электроники* в частности. Исследования в области биологической К. стимулируют также развитие *бионики*, помогающей созданию новых высокосовершенных технических кибернетических систем. Наконец, математические методы экономической К., обеспечивающие нахождение оптимальных решений в области экономического планирования и анализа, позволяют улучшить использование материальных ресурсов и производственных возможностей и оптимизировать управление как отдельными предприятиями, отраслями, так и народным хозяйством в целом.

Кинескоп — *электронно-лучевая трубка* для приема телевизионных изображений. Схема К. изображена на рис. Принцип преобразования телевизионных сигналов в видимое изображение на экране К. заключается в следующем: *видеосигналы*, подаваемые на *модулятор* К., управляют интенсивностью (током) электронного луча. В результате *яркость* пятна на экране оказывается пропорциональной сигналу, т. е. яркости передаваемого в данный момент элемента изображения (более точно см. *Модуляционная характеристика кинескопа*). Изображение на экране К. получается с помощью синхронной развертки электронного луча, причем используется инерция зрительного ощущения.



1 — горловина трубки; *2* — электронный прожектор с модулятором; *3* — люминофор экрана; *4* — аквадаговое покрытие, служащее анодом; *5* — электронный луч.

К. для телевизоров выпускаются в массовом количестве. *Проекционные телевизионные* и *просвечивающие трубки* выпускаются серийно.

В современных К. используются для фокусировки электронного луча *электростатические линзы*, что сделало ее независимой от изменения напряжения питания и позволило отказаться от ручки фокусировки в телевизорах. Отклонение луча — магнитное с помощью отклоняющих катушек. Стремление к уменьшению габаритов телевизора при сохранении размеров изображения на экране привело к прямоугольной форме экрана К., увеличению максимального угла отклонения (до 110°), сужению и укорочению горловины К. В результате общая длина К., определяющая глубину телевизора, стала меньше ширины экрана.

Дно современных К. делают из дымчатого (серого) стекла, что увеличивает контрастность изображения и уменьшает *ореол*. *Алюминированный экран* устраняет появление *ионного пятна*, увеличивает контрастность и яркость изображения. Срок службы К. увеличен до 6000—10 000 *ч*.

В последнее время выпускаются взрывобезопасные К., что достигнуто путем сжатия экрана внешним бандажом, компенсирующим натяжение в стекле К., образующееся в результате атмосферного давления. Телевизоры с взрывобезопасными К. не требуют защитного переднего стекла, блики на котором часто сильно мешают наблюдать изображение. Кроме того, такие телевизоры имеют меньшую глубину.

К. для массовых телевизоров выпускаются с диаметром экрана (по диагонали) 23, 35, 43, 47, 53, 59 *см*. Бóльшие К. (43—59 *см*) имеют больший угол отклонения (110°). Маркируются К. следующим образом: первая цифра означает диагональ экрана в сантиметрах, буквы ЛК — «лучевой кинескоп», далее цифра и буква тип и цвет свечения люминофора. Пример: 43ЛК2Б означает К. с диагональю 43 *см*, с белым свечением.

Кипп-реле — см. *Мультивибратор ждущий*.

Клавишная настройка — настройка радиоприемника на определенные станции путем нажатия определенного клавиша. При этом связанный с клавишем переключатель включает в колебательные цепи приемника конденсаторы и катушки индуктивности, дающие настройку на определенную длину волны, на которой работает нужная станция.

Классы качества систем связи — группы электроакустических систем передачи речи и музыки, объединенные общими признаками по заметности *искажений* и *акустических помех*, возникающих при работе всей системы в целом. К. к. с. с. установлены нормалями МРТП (для систем телефонной связи) и ВТУ 526-58 Министерства связи СССР (для систем вещания). Качество работы системы передачи только речевой информации определяется по разборчивости речи на приемном конце следующим образом:

Характеристика понимания передаваемой речи	Класс качества	Разборчивость звуковой речи
Отсутствие малейшего напряжения слуха. Голос передающего оператора легко узнается	I	91% и выше
Без затруднений. Естественность звучания неустойчива	II	85—90%
Без переспросов и повторений. Естественность нарушена	III	78—84%
Большое напряжение слуха. Возможны переспросы	IV	61—77%
Полная неразборчивость переданного сообщения (срыв связи)	V	60% и менее

Качество работы системы, предназначенной для передачи музыки, оценивается по заметности на приемном конце акустических помех, частотных и нелинейных искажений. Заметность определяется путем сравнения эталонного (неискаженного) воспроизведения музыкального отрывка с повторением того же звучания, переданного через испытуемую систему. Термин «незаметно» означает, что искажения или помехи были замечены экспертами менее чем в 15% случаев. Такая заметность не превосходит случайные ошибки при сравнении двух звучаний. «Практически незаметно» означает заметность менее чем в 30% (т. е. в явном меньшинстве) случаев. «Неуверенно заметно» означает заметность в 50% случаев, т. е. вероятность заметности равна вероятности отсутствия заметности. «Уверенно заметно» означает заметность в явном большинстве (порядка 75%) случаев. «Полностью заметно означает заметность в любом случае (100%).

Заметность искажений и помех: экспертами-специалистами	Заметность искажений и помех: слушателями без специальной тренировки слуха	Класс качества
Практически незаметно	Незаметно	Высший
Неуверенно заметно	Практически незаметно	I
Уверенно заметно	Неуверенно заметно	II
Полностью заметно	Уверенно заметно	III

Классы радиоприемников — классификация промышленных радиовещательных приемников по качественным показателям и стоимости в соответствии с Государственным общесоюзным стандартом (ГОСТ 5651-51), введенным 1 января 1952 г. Приемники делятся на четыре класса по качеству воспроизведения радиопередач, наибольшей громкости звучания, количеству радиовещательных диапазонов, чувствительности, избирательности и ряду других показателей. Для первых трех классов приемники выполняются только по супергетеродинным схемам.

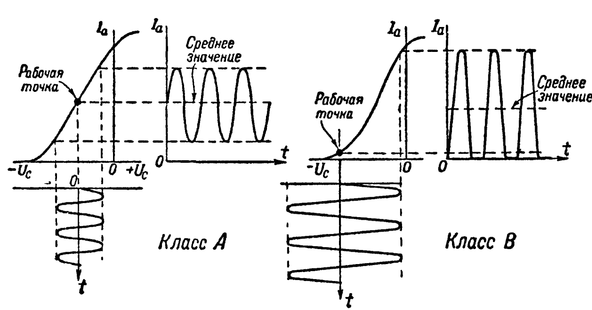
Классы усиления — различные режимы работы усилительной лампы. В зависимости от положения *рабочей точки* на характеристике лампы и величины подводимых к сетке напряжений лампа может работать либо в пределах прямоли-

нейной части характеристики, либо с выходом за ее пределы (см. рис.).

Работа лампы в режиме класса *A* обычно происходит в пределах прямолинейной части характеристики. В этом режиме искажения формы усиливаемых колебаний незначительны, но зато малы и отдаваемая мощность и к. п. д. (так как среднее значение анодного тока и мощность, рассеиваемая на аноде, велики).

Для усиления в режиме класса *B* рабочая точка устанавливается в начале характеристики, и поэтому усиливаются только положительные полуволны напряжения. При одних и тех же напряжениях на сетке в режиме класса *B* среднее значение анодного тока и рассеиваемая на аноде мощность гораздо меньше, чем в классе *A*, а следовательно, к. п. д. гораздо выше. Но усиление в режиме класса *B* с помощью одной лампы сопровождается значительными *нелинейными искажениями*. Они могут быть устранены в усилителе по *двухтактной схеме*. Применяется также промежуточный режим усиления, называемый классом *AB*.

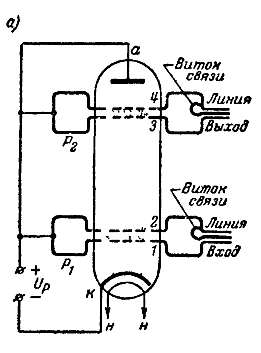
Если рабочая точка установлена в области, где лампа заперта, так что усиливается только часть положительной полуволны напряжения, а остальная ее часть вместе с отрицательной полуволной не воспроизводятся («отсекаются»), то такой режим называют классом *C*.



Клирфактор — см. *Коэффициент нелинейных искажений.*

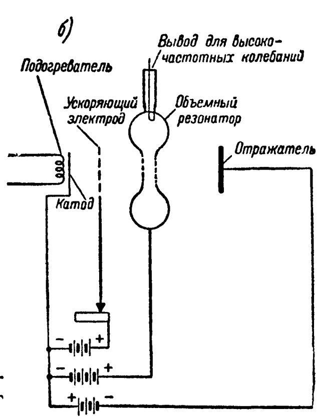
Клистрон — электронный прибор, представляющий собой сочетание *электронной лампы с объемными резонаторами* и предназначенный для усиления и генерирования колебаний сверхвысоких частот (в диапазонах сантиметровых и миллиметровых волн). Принцип действия так называемого двухконтурного К. состоит в следующем (см. рис. *а*). Поток электронов, испускаемых катодом *K*, ускоряется электрическим полем, которое создано высоким напряжением U_p. Далее он пролетает последовательно сквозь затянутые сетками отверстия двух объемных резонаторов P_1 и P_2 и попадает на собирающий электрод *a*, иначе называемый анодом или коллектором. Пролетая через объемные резонаторы, электроны взаимодействуют с переменным электрическим полем, существующим внутри объемных резонаторов, когда в них происходят колебания. Рассмотрим сначала процесс этого взаимодействия во втором объемном резонаторе, считая, что в нем происходят колебания. Когда поле в резонаторе направлено так, что оно тормозит влетающие электроны, то они отдают часть своей энергии полю. Наоборот, когда электроны ускоряются полем в резонаторе, то они отбирают часть энергии поля.

Если бы электроны пролетали через объемный резонатор сплошным равномерным потоком, то в течение одного полупериода они отдавали бы энергию и увеличивали бы энергию колебаний в резонаторе, но зато во время следующего полупериода другая часть потока электронов отнимала бы энергию у поля и уменьшала бы энергию колебаний. Таким образом, равномерный электронный поток не мог бы поддерживать колебаний в резонаторе. Но если электроны влетают в резонатор отдельными «сгустками» (т. е. на протяжении всего пучка электронов его плотность то больше, то меньше) и в такие моменты, когда поле их тормозит, то они отдают резонатору в среднем больше энергии, чем отбирают от него. Электронный поток в этом случае поддерживает возникшие в резонаторе колебания, которые будут происходить с постоянной амплитудой.



Чтобы равномерный поток электронов превратить в отдельные сгустки, скорость электронов модулируют так, что в одних участках она становится больше, а в других меньше средней скорости в потоке. Принцип модуляции скорости электронов был предложен Д. А. Рожанским в 1932 г, а первые конструкции электронных ламп с использованием этого принципа разработала в 1935 г. А. Н. Арсеньева.

Электроны, имеющие скорость выше средней, приближаются к летящим впереди; и, наоборот, электроны, у которых скорость ниже средней, отстают и их нагоняют следующие за ними электроны потока. В результате плотность электронов в потоке в некоторых местах возрастет, а в других уменьшится. Поток распадается на отдельные сгустки электронов.



Модуляция скорости электронов происходит в первом объемном резонаторе. Она вызывается переменным электрическим полем, существующим при наличии в резонаторе колебаний. Пролетая через этот резонатор, поток электронов модулируется по скорости и, вылетев из резонатора, распадается на сгустки. Процесс образования сгустков электронов и подбора нужного момента их появления во втором резонаторе носит название фазовой фокусировки. Она наступает при определенных средних скоростях электронов, т. е. при определенном постоянном ускоряющем напряжении и определенной частоте колебаний этого напряжения, близкой к собственной частоте резонаторов.

Если двухрезонаторный К. работает в качестве усилителя, то к первому резонатору подводятся усиливаемые колебания, а во втором резонаторе получаются усиленные колебания. При использовании К. для генерации колебаний оба резонатора связываются между собой, так что за счет энергии, отдаваемой сгустками второму резонатору, поддерживаются колебания также и в первом резонаторе. Для изменения частоты генерируемых колебаний нужно изменять размеры обоих объемных резонаторов, что представляет некоторые трудности.

Более совершенным является отражательный К., разработанный в 1940 г. В. Ф. Коваленко и независимо от него Н. Д. Девятковым, Е. Н. Данильцевым и И. В. Пискуновым. В отражательном К. (см. рис. *б*) модуляция скорости электронов и отдача энергии образовавшимися сгустками происходят в одном объемном резонаторе. Электроны, пролетевшие резонатор в одном направлении и разбившиеся на сгустки, тормозятся и возвращаются обратно («отражаются») электрическим полем специального электрода — отражателя, находящегося под высоким отрицательным напряжением. Если электронные сгустки вернулись в резонатор в нужной фазе, то они будут отдавать энергию резонатору и поддерживать колебания в нем. Фаза, при которой сгустки попадают назад в резонатор, зависит, главным образом, от напряжения на отражателе. Изменяя его, можно в некоторых пределах регулировать частоту генерируемых колебаний.

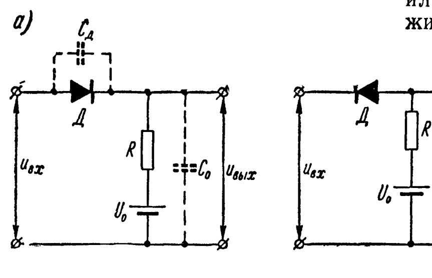
С помощью К. удается получать колебания с частотой свыше 100 000 *Мгц*. Маломощные отражательные К. применяются в качестве гетеродинов в приемниках и измерительной аппаратуре, для сантиметровых и миллиметровых волн. Существуют также мощные К. с двумя и бо́льшим числом резонаторов, применяемые в качестве генераторов и усилителей колебаний в передатчиках сантиметровых и дециметровых волн.

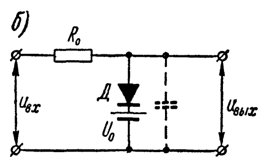
Ключ — элемент, работающий по принципу «да — нет» («включено»—«выключено», или «замкнуто» — «разомкнуто»). Если К. соединен последовательно с нагрузкой, то сигнал проходит в нагрузку, когда К. «включен», и не проходит в нагрузку, когда он «выключен». Для построения К. используются нелинейные приборы — *диоды*, многоэлектродные лампы, *транзисторы*,магнитные сердечники, и поэтому различают *диодные*, *электронные*, *транзисторные* и *магнитные* К.

Ключ диодный — ключ, построенный на электронных или полупроводниковых диодах. Различают последовательный и параллельный К. д. Схема последовательного диодного ключа показана на рис. *а*. Когда диод открыт — ключ замкнут («включен») и напряжение на выходе $u_{\text{вых}}$ практически равно напряжению на входе (при этом предполагается, что прямое сопротивление диода $R_{\text{д}}$ много меньше сопротивления нагрузки R: $R_{\text{д}} \ll R$). Наоборот, когда диод заперт — ключ разомкнут («включен») и напряжение на выходе практически равно U_0 и не зависит от напряжения на входе (при этом предполагается, что обратное сопротивление диода $R_{\text{обр}}$ много больше сопротивления нагрузки R: $R_{\text{обр}} \gg R$).

Переход ключа из положения «включен» в положение «выключен» и наоборот происходит при напряжении на диоде, равном нулю, т. е. при $u_{\text{вх}} = U_0$; изменением U_0 можно менять момент включения (выключения) ключа. При передаче через ключ импульсов с крутыми фронтами большую роль играют паразитные емкости: емкость диода $C_{\text{д}}$ и емкость C_0, равная сумме входной емкости нагрузки и емкости монтажа. Чем больше эти

емкости, тем больше время их заряда (или разряда), т. е. тем больше длительность установления выходного напряжения при коммутации ключа и меньше его быстродействие.





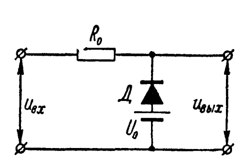
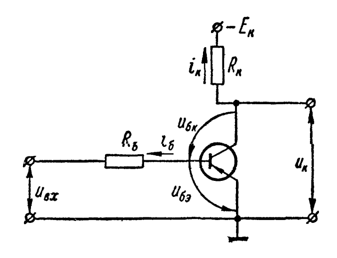


Схема параллельного диодного ключа приведена на рис. *б*. Когда диод открыт, — ключ разомкнут («выключен»), выходное напряжение практически равно U_0 и не зависит от напряжения на входе (предполагается, что прямое сопротивление диода $R_д$ много меньше ограничивающего сопротивления R_0). Когда диод заперт, — ключ замкнут («включен») и выходное напряжение практически равно входному (предполагается, что обратное сопротивление диода $R_{обр} \gg R_0$).

Момент перехода ключа из положения «включен» в положение «выключен» и наоборот определяется моментом, когда $u_д = 0$, т. е. когда $u_{вх} = U_0$. Величина паразитной емкости C_0 (суммарная емкость диода, нагрузки и монтажа) сказывается на длительности установления выходного напряжения: чем больше C_0, тем больше эта длительность и меньше быстродействие ключа.

Ключ транзисторный — *ключ*, построенный на транзисторах. На рис. приведена схема К. т. на плоскостном транзисторе типа *pnp* с общим эмиттером; ограничение осуществляется здесь при запирании или насыщении транзистора. Режим *запирания (отсечки)* транзистора имеет место тогда, когда оба *p—n* перехода (эмиттерный и коллекторный) закрыты (смещены в обратном направлении), т. е. когда напряжения база — эмиттер $u_{б.\,э}$ и база — коллектор $u_{б.\,к}$ положительны. Очевидно, что в схеме рис. транзистор будет закрыт, когда $u_б > 0$ (транзистор типа *npn* в этой схеме будет закрыт при $u_б < 0$). В режиме отсечки токи транзистора (коллекторный и базовый) не равны нулю, что отличает режим запирания транзистора от режима запирания электронной лампы, в которой при $u_g < E_{g0}$ анодный и сеточный токи равны нулю. В режиме



запирания через коллекторный переход идет обратный ток, практически равный *тепловому току* $I_{к0}$, так что коллекторный ток $i_к$ равен $I_{к0}$, а базовый ток равен $-I_{к0}$; обратный ток эмиттерного перехода, в силу несимметрии транзистора, весьма мал, и в режиме отсечки можно считать эмиттерный ток равным нулю. Напряжение $u_к$ на кол-

лекторе закрытого транзистора равно по величине $E_к - I_{к0}R_к$. Ток $I_{к0}$ зависит от температуры; можно считать, что $I_{к0}$ увеличивается вдвое на каждые 10° С повышения температуры. Так, если при температуре 20° С ток $I_{к0} = 5$ *мка*, то при 60° С ток $I_{к0\ макс} = 5 \cdot 2^4 = 5 \cdot 16 = 80$ *мка*.

Обычно сопротивление $R_к$ выбирают так, чтобы и при заданной максимальной температуре падение напряжения $I_{к0\ макс}R_к$ было много меньше $E_к$, и, следовательно, коллекторное напряжение закрытого транзистора примерно равно $E_к$. Режим насыщения транзистора наступает тогда, когда оба *p—n* перехода транзистора открыты (смещены в прямом направлении), т. е. когда $u_{б.\ э} < 0$ и $u_{б.\ к} < 0$ для транзистора типа *pnp*, и $u_{б.\ э} > 0$, $u_{б.\ к} > 0$ для транзистора типа *npn*. В режиме насыщения коллекторное напряжение не превышает 0,2 *в*. Напряжение база — эмиттер также порядка 0,1—0,3 *в*, и поэтому насыщенный транзистор можно рассматривать как точку с единым потенциалом всех электродов. Если один из электродов (например, эмиттер) заземлен, то потенциалы всех электродов в режиме насыщения можно считать равными нулю. Таким образом, при коммутации транзисторного ключа на коллекторе создается положительный или отрицательный перепад напряжения, практически равный $E_к$.

В режиме насыщения коллекторный ток ограничен внешней по отношению к транзистору цепью и приблизительно равен

$$I_{к.н} \approx \frac{E_к}{R_к}.$$

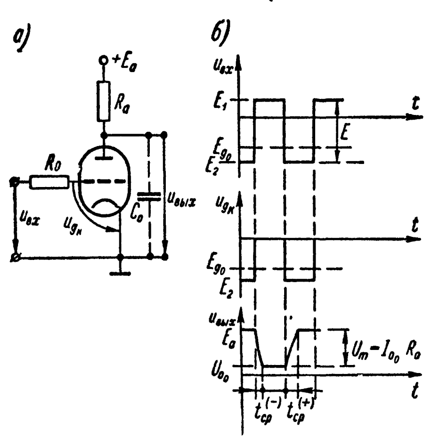
Для насыщения транзистора следует создать в базе ток, не меньший чем $I_{к.\ н}/\beta = E_к/\beta R_к$, где β — коэффициент усиления транзистора (в схеме с общим эмиттером). Чем больше ток базы $i_б$ по сравнению с насыщающим током $E_к/\beta R_к$, тем выше степень насыщения.

Необходимо отметить, что переключение транзистора из одного состояния в другое не протекает мгновенно. При скачкообразном изменении входного напряжения или тока коллекторный ток не изменяется скачком, вследствие конечной скорости диффузионных процессов в транзисторе.

При включении (выключении) транзистора коллекторный ток нарастает (спадает) от нуля (точнее от $I_{к0}$) до максимального уровня $I_{к.\ н}$ (или наоборот) постепенно; длительность включения (выключения) транзистора тем меньше, чем выше граничная частота транзистора f_α и чем бóльшим перепадом входного тока базы осуществляется это включение (или выключение). При этом важно заметить, что при выключении транзистора (т. е. при подаче положительного перепада напряжения или тока на базу) момент, когда начинается спад коллекторного тока, запаздывает на некоторый промежуток времени относительно момента подачи запирающего входного перепада напряжения. Это запаздывание обусловлено *рассасыванием* избыточной (сверх той, которая соответствует границе насыщения) концентрации *неосновных носителей* в базе. Чем больше степень насыщения, тем больше будет время рассасывания и время запаздывания момента начала выключения транзистора.

Наряду с рассмотренным транзисторным ключом используется ненасыщенный транзисторный ключ, в котором благодаря введению нелинейной отрицательной обратной связи устраняется насыщение открытого транзистора и тем самым устраняется задержка при запирании транзистора, связанная с рассасыванием избыточной концентрации неосновных носителей в базе насыщенного транзистора.

Ключ электронный — ключ, построенный на вакуумных триодах и пентодах. Схема К. э. и соответствующие временные диаграммы показаны на рис. Сопротивление R_0 много больше сопротивления $R_{gк}$ промежутка сетка — катод при наличии сеточного тока ($R_{gк}$ — порядка 1 *ком*, R_0 — десятки или сотни *ком*). Когда входное напряжение положительно, появляется



сеточный ток и напряжение $u_{gк}$ между сеткой и катодом практически равно нулю (входное напряжение почти целиком падает на R_0); при $u_{gк} = 0$ ток лампы равен I_{a0} и выходное напряжение на аноде постоянно и равно $U_{a0} = E_a - I_a R_a$.

При $u_{вх} = -E_2$ лампа заперта, так как по абсолютной величине E_2 превышает $|E_{g0}|$, и выходное напряжение равно E_a. Таким образом, выходное напряжение принимает только два значения — либо E_a, либо $U_{a0} = E_a - I_{a0}R_a$. Можно условиться считать, что ключ «включен» (или открыт), когда выходное напряжение равно напряжению источника E_a, и считать, что ключ «выключен», когда выходное напряжение низкое ($u_{вых} = U_{a0}$).

При коммутации ключа (при отпирании или запирании лампы) на выходе создаются отрицательные или положительные перепады напряжения U_m, равные по величине $I_{a0}R_a$. Из-за наличия паразитной емкости C_0, шунтирующей выходные зажимы (C_0 складывается из емкости анод — катод лампы, емкости монтажа и входной емкости нагрузки), перепады выходного напряжения не могут быть мгновенными; их длительность $t_ф^+$ и $t_ф^-$ зависит от скорости заряда или разряда паразитной емкости при коммутации ключа.

Кнопочная настройка — настройка приемника на определенные станции с помощью кнопок. Принцип действия К. н. аналогичен *клавишной настройке.*

Коаксиальная линия — см. *Коаксиальный кабель*

Коаксиальный кабель — *высокочастотный кабель*, у которого один из проводов представляет собой трубу, полностью охватывающую второй провод. Внутренний провод располагается точно по оси трубы, почему кабель и называется коаксиальным или концентрическим. Чтобы удержать внутренний провод в таком положении, на него надевают изолирующие шайбы либо заполняют пространство между проводами изоляционным материалом. В К. к. электромагнитное поле сосредоточено в пространстве между проводами, т. е. внешнего поля нет, и поэтому потери на излучение *радиоволн* малы. Для уменьшения сопротивления проводов внутренний провод может быть сделан большого диаметра, а поверхность внешнего провода обычно всегда достаточно велика. Если К. к. должен быть гибким, то его внешний провод делается в виде гибкой металлической оплетки, и кабель заполняется пластичным изоляционным материалом или изоляторами в форме чашечек.

Кобзарев Юрий Борисович (1905) — советский радиотехник, член-корреспондент АН СССР (с 1953 г.), лауреат Государственной

премии. По окончании в 1926 г. Харьковского университета работал до 1943 г. в Физико-техническом институте АН СССР в Ленинграде. С 1944 по 1955 г. — профессор Московского энергетического института. С 1955 г. работает в Институте радиотехники и электроники АН СССР.

В 1926—1931 гг. К. осуществил работы, содействовавшие развитию техники кварцевой стабилизации частоты ламповых генераторов. Им развита теория колебаний кварцевых пластин и теория работы ламповых генераторов с кварцевой стабилизацией. Ряд работ К. посвящен разработке теории явлений в нелинейных системах. К. была показана высокая эффективность развитого им «квазилинейного» метода трактовки этих явлений, базирующегося на понятиях комплексных амплитуд и сопротивлений. Выполненные под его руководством работы сыграли важную роль в деле создания отечественной радиолокационной техники. К. является заместителем главного редактора журнала «Радиотехника и электроника» АН СССР.

За заслуги в развитии отечественной радиотехники и электроники и в связи с шестидесятилетием со дня рождения К. награжден орденом Ленина.

Когерентные колебания (когерентные волны) — два колебания, *разность фаз* между которыми не меняется со временем. Для этого необходимо, во-первых, чтобы частоты этих колебаний были точно равны и, во-вторых, чтобы фаза каждого из этих колебаний не испытывала каких-либо изменений, отличных от изменений фазы другого колебания. К. к. являются, например, колебания в двух антеннах, возбуждаемых от одного и того же передатчика, если в линиях, питающих эти антенны, не возникает по-разному меняющихся со временем сдвигов фаз. Колебания, возбуждаемые двумя независимыми передатчиками, никогда не могут быть строго когерентными, так как частоты колебаний двух независимых генераторов никогда не могут быть точно равны. Понятие когерентности относится не только к колебаниям, но и к волнам. Если колебания напряженности электрических (и магнитных) полей в двух волнах когерентны, то эти волны являются когерентными. Например, две волны, пришедшие в данную точку от одного и того же передатчика, но различными путями, являются когерентными, если *разность хода* этих двух волн не меняется со временем. Вопрос о когерентности колебаний и волн играет принципиальную роль в явлении *интерференции волн.*

Когерер — прибор, служивший для обнаружения электрических колебаний (взамен детектора) в первом радиоприемнике А. С. Попова. Представляет собой стеклянную трубку, в которую введены две проволоки, не соприкасающиеся между собой. Внутри трубки насыпаны мелкие металлические опилки. К. в обычном состоянии является плохим проводником тока, но под действием быстропеременных электрических токов сопротивление К. резко падает. Чтобы вернуть К. в исходное состояние по окончании воздействия электрических колебаний, надо слегка встряхнуть его.

Код — система символов или знаков, которая служит для представления сообщений в виде, удобном для передачи их по тому или иному каналу связи. Символами в коде Морзе являются точка и тире. Точке соответствует единичная посылка тока, а тире — посылка тока тройной длительности. К. состоит из слов, количество слов в К. называется его мощностью или объемом. Каждое слово представляется рядом символов. Число различных символов, используемое для изображения слов К., называется основанием К. В научной литературе К. иногда называются ал-

фавитами, тогда «слова» называются «буквами» этого алфавита (см. также *Код Баркера*, *Код Грея*, *Код Хемминга*, *Код 2 из 5*, *Корректирующий код*).

Код Баркера — код, применяемый для построения преобразователей углового положения вала в двоичное число. К. Б. позволяет благодаря особому расположению считывающих элементов устранить неоднозначность при считывании и появляющиеся при этом большие ошибки. На каждую зону кодового диска (или на каждый кодовый барабан), кроме зоны младшего разряда, ставятся два считывающих элемента; в совокупности все ($2n$—1) считывающих элемента (n— число разрядов) образуют фигуру, похожую на букву V; отсюда второе название К. Б. — фау-код. Выбор нужного считывающего элемента в каждой зоне производится несложной логической схемой. К. Б. позволяет получить ошибку неоднозначности не более единицы младшего разряда.

Код Грея — специальный *код*, используемый в преобразователях углового положения вала в код, который устраняет неоднозначность при считывании и связанные с нею большие ошибки. К. Г. называется также рефлексным или отраженным кодом. Максимальная ошибка при использовании преобразователя, работающего в К. Г., не может быть больше единицы младшего разряда. Для преобразования числа из обычного кода в К. Г. нужно сложить по модулю 2 исходное число и то же число, но сдвинутое вправо на один двоичный разряд. Например, двоичное число 1111 (15) в К. Г. будет иметь вид:

1111		обычный двоичный код
$\oplus$ 111	1	$\oplus$сдвинутый вправо код
1000		код Грея

Необходимо иметь в виду, что сдвинутые разряды не учитываются. Обратное преобразование сложнее, но легко реализуется подобными же операциями, если на кодовом диске предусмотрена дополнительная дорожка (зона), где записаны разряды, обозначающие признак четности или нечетности числа. В К. Г. любые два соседних числа отличаются между собой только в одном двоичном разряде, в то время как в обычном двоичном коде это не имеет места. Например, запись соседних чисел 0111 (7) и 1000 (8) во всех четырех разрядах различна, а соответствующие числа в К. Г. 0100 (7) и 1100 (8) разнятся только в одном разряде.

Код 2 из 5 — двоичный код с обнаружением одиночной ошибки, применяющийся в некоторых ЦВМ для двоично-кодированного представления десятичных цифр.

Десятичная цифра	Эквивалент в коде 2 из 5
0	00011
1	11000
2	10100
3	01100
4	10010
5	01010
6	00110
7	10001
8	01001
9	00101

К. 2 из 5 очень удобен для контроля, так как наличие в слове одной единицы или более двух единиц свидетельствует об ошибке.

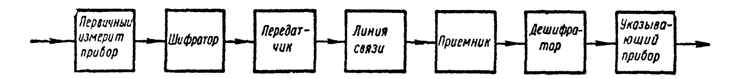
Код Хемминга — *корректирующий код*, позволяющий исправлять одиночную ошибку. Минимальнсе расстояние для К. Х. равно трем. К. Х. является *систематическим кодом* и входит в состав более обширного класса так называемых *групповых кодов. Корректирующие коды* с минимальным расстоянием

$d = 2$ и $d = 4$ часто тоже называются К. X.

Кодирование — преобразование сообщения или непрерывного сигнала в *код*. К. применяется при передаче, хранении или переработке *информации* в системах связи, цифровой вычислительной технике, *телемеханике* и т. д. К. преследует цель такого преобразования сигнала от источника сообщения, чтобы обеспечить выполнение лучших условий передачи этого сигнала по *каналу связи* или переработки его той или иной системой. При преобразовании в дискретный код непрерывных сигналов необходимым этапом К. является *квантование* непрерывного сигнала.

Кодово-импульсная модуляция (КИМ) — особый вид импульсной модуляции, при которой различным видам модулирующего сигнала соответствует передача различных кодовых групп импульсов.

Кодовые системы телеизмерения — методы телеизмерения, при которых измеряемые величины передаются в кодированной форме. Схема К. с. т. приведена на рис. Передающая часть системы состоит из первичного измерительного прибора, *шифратора* и передатчика. В приемную часть входят приемник, *дешифратор* и указывающий прибор. Одна из основных задач построения К. с. т. состоит в преобразовании показаний первичных измерительных приборов в кодированные сигналы. Процесс измерения является обычно непрерывным, а передача кодированных сигналов — дискретным и циклическим процессом. Поэтому в состав К. с. т. должны входить преобразователи непрерывных величин в дискретные и дискретных в непрерывные.



Колебания — процессы, многократно повторяющиеся или приблизительно повторяющиеся через одинаковые промежутки времени. Колебательные процессы широко распространены в природе и в технике. В радиотехнике приходится иметь дело с различными типами электрических и механических К. К ним относятся, например, К. напряжений и токов, К. мембран, микрофонов или громкоговорителей и т. д. К. характеризуется, во-первых, наибольшим отклонением, которого достигает колеблющаяся величина, или амплитудой, во-вторых, частотой, с которой происходят повторения одних и тех же состояний, и в-третьих, так называемой «начальной фазой», т. е. той фазой колебательного процесса, которая соответствует моменту начала отсчета времени. Строго говоря, эти понятия применимы только к *гармоническим К*. Однако их обычно применяют в указанном выше смысле также к К., по форме отличающимся от гармонических.

Различают К. стационарные, или незатухающие, амплитуда которых постоянна, *затухающие К*., амплитуда которых со временем уменьшается, нарастающие, у которых амплитуда нарастает со временем, и *модулированные К*., у которых амплитуда или частота со временем то возрастает, то убывает. К. могут быть периодическими, т. е. такими, у которых все состояния повторяются точно через одинаковые промежутки времени, и приблизительно периодическими, у которых все состояния лишь приблизительно повторяются, например затухающие К. или частотно-модулированные К., у которых частота все время изменяется в некоторых пределах около какого-то среднего

значения. По форме К. бывают синусоидальные (гармонические) или близкие к синусоидальным и *релаксационные* К., форма которых существенно отличается от синусоидальных. Наконец, различают свободные, или *собственные К.*, возникающие в результате нарушения состояния равновесия колебательной системы, *вынужденные К.*, возникающие в результате длительного воздействия на систему внешней периодической силы, и *автоколебания*, происходящие в системе непрерывно при отсутствии внешних воздействий, в силу способности самой системы поддерживать колебательный процесс.

Колебательные системы — системы, в которых могут происходить *собственные колебания*.

Колебательный контур — *электрический контур*, в котором могут происходить собственные *электрические колебания*, если в нем нарушено электрическое «равновесие», т. е. созданы начальные напряжения или токи. Чтобы в контуре могли возникать собственные колебания, он должен обладать емкостью и индуктивностью и не слишком большим активным сопротивлением.

Частота собственных колебаний в контуре зависит от величин его емкости C и индуктивности L, а также в очень небольшой степени и от активного сопротивления. Приближенно (без учета влияния активного сопротивления) частота определяется формулой Томсона:

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

где L — индуктивность контура в генри, C — его емкость в фарадах и ν — частота собственных колебаний в герцах.

Всякий контур обладает активным сопротивлением, в котором происходят потери энергии и выделяется тепло. Поэтому собственные колебания всегда затухают, т. е. К. к. возвращается к состоянию покоя. Если активное сопротивление контура достаточно велико, то собственные колебания в нем не возникают. Созданные в таком контуре начальные напряжения и токи постепенно уменьшаются до нуля, не испытывая колебаний, т. е. контур возвращается к состоянию покоя апериодически (без колебаний).

Количество информации — мера информации, численно равная логарифму отношения вероятности некоторого события после приема сообщения к вероятности того же сообщения до того, как было получено сообщение:

$$J = \log_a \frac{P_2}{P_1},$$

где J — количество информации;
P_1 — вероятность некоторого события до приема сообщения;
P_2 — вероятность того же события после приема сообщения;
a — основание логарифмов.

Более строгая формулировка с привлечением математического аппарата теории вероятностей и детальное обоснование понятия К. и. даются в руководствах по *теории информации*.

В качестве основания логарифмов обычно берут число 2; при этом К. и. выражается в двоичных единицах.

Рассмотрим пример. Пусть мы хотим измерить количество информации в сообщении «подброшенная вверх монета упала на пол лицевой стороной». Очевидно, до получения этого сообщения вероятность того, что монета упадет лицевой стороной вверх, была равна $^1/_2$, но после приема сообщения указанная вероятность уже равна единице. Таким образом $P_2 = 1$, $P_1 = {}^1/_2$, $\log_2 (1:{}^1/_2) = \log_2 2 = 1$, т. е. в переданном сообщении содержится одна двоичная единица информации. Приведенный пример нагляд-

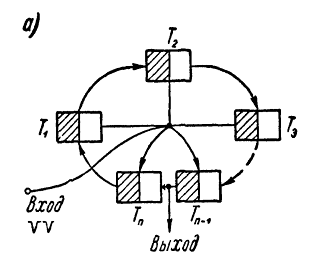
но показывает, что К. и. характеризует меру (степень) уменьшения неопределенности ситуации (или случайной величины).

Коллектор — общее название электрода в некоторых электровакуумных, газоразрядных и полупроводниковых приборах, осуществляющего собирание носителей электричества (электронов, ионов, дырок). См. *Транзистор*, *Электронно-лучевая трубка*.

Коллекторный переход — см. *Транзистор*.

Колориметрия — область техники, занимающаяся измерением цвета.

Кольцевой счетчик — модификация регистра сдвига, состоящего из n двоичных элементов (см.



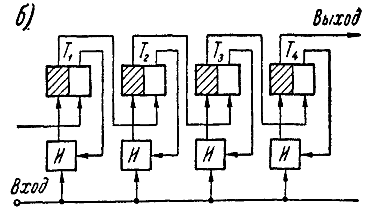


рис. *а*), в котором всегда только один элемент находится в состоянии «1», а остальные в состоянии «0»; сдвиг «1» происходит под действием поступающих на вход импульсов. После подачи k-го входного импульса (например, второго) только один элемент (например, T_2) находится в состоянии «включено» (состояние «1»), а все остальные элементы — в состоянии «выключено» (состояние «0»). При подаче ($k+1$)-го входного импульса в положение «включено» перейдет только элемент, следующий за ранее включенным (в нашем примере — элемент T_3), а все остальные окажутся в состоянии «выключено». В качестве выходного импульса счетчика, например, может быть использован выходной импульс ($n-1$)-го элемента, появляющийся под действием n-го входного импульса. Кольцо может быть замкнутое или разомкнутое, т. е. состояние «включено» может переходить от n-го элемента кольца к первому автоматически или установка первого элемента в начале каждого цикла в состояние «включено» производится специальным устройством.

К. с. могут работать с любым основанием счисления. Для десятичного счета в кольце должно быть $n = 10$ элементов T_0, T_1, ..., T_9, соответствующих цифрам 0, 1, 2, ..., 9. Заметим, что К. с. работает подобно коммутатору: каждый последующий входной импульс приводит к включению очередного элемента; поэтому К. с. и применяются прежде всего в качестве электронных коммутаторов.

Вариант схемы К. с. показан на рис. *б*. Схемы «*И*» обеспечивают подачу входного импульса только в тот элемент, который находится в состоянии «включено»; этот элемент переходит в состояние «выключено», и возникающий при этом импульс переводит следующий элемент в состояние «включено».

Команда — наименьшая составная часть *программы* для решения той или иной задачи. К. содержит в себе информацию, записанную в форме, понятной для машины, о том, какую операцию следует выполнить, и где находятся операнды. Кроме того, в коде К. могут быть указаны дополнительные признаки, предписывающие, например, режим работы (с фиксированной или плавающей запятой)

или выполнение модификаций адресов. Таким образом, код К. разделяется на три части: операционную, адресную и признаки. К. разделяются на три категории: 1) К. для выполнения арифметических и логических операций; 2) К. управления (*условный* и *безусловный переходы*, *переадресации* и т. п.); 3) К., с помощью которых осуществляется взаимодействие машины с внешними устройствами (*устройствами ввода* и *вывода* и внешними *накопителями*), а также с оператором.

Комбинационные колебания — колебания, получающиеся в результате сложения в *нелинейных цепях* двух или нескольких колебаний и имеющие частоту, которая представляет собой простую комбинацию из частот складывающихся колебаний.

Частоты К. к. называют комбинационными частотами. Например, в *смесителе* приемника при сложении принимаемых колебаний с частотой f_2 и вспомогательных с частотой f_1 возникают К. к. с частотами $f_1 + f_2$; $f_1 - f_2$; $2f_1 - f_2$; $f_2 - 2f_1$ и т. д. В анодном колебательном контуре смесительной лампы выделяется К. к. той частоты, на которую настроен колебательный контур (обычно это частота $f_1 - f_2$). К. к. возникают также в усилителях низкой частоты с *нелинейной амплитудной характеристикой*. В этом случае они называются комбинационными тонами и являются одной из причин искажений передачи звука.

Комбинированная лампа — электронная лампа, имеющая в одном баллоне две или несколько отдельных ламп.

Коммутаторы (распределители)— устройства, обеспечивающие выбор и соединение группы входных цепей с выходными. В устройствах телемеханики применяются электромеханические, электронные и электронно-лучевые коммутаторы. Простейшие электромеханические коммутаторы представляют собой наборы реле или *искателей шаговых*. К. представляет собой устройство, выполненное на тиратронах, электронных лампах или полупроводниковых приборах, которые включаются по схеме счета импульсов или по схеме сравнения (совпадения). В любых схемах при поступлении очередного импульса должны произойти следующие изменения: 1) открыться очередная лампа (транзистор), причем в паузу, наступающую вслед за импульсом, она должна остаться в состоянии самоблокировки; 2) предыдущая лампа должна закрыться; 3) должны быть созданы условия для открытия очередной лампы от следующего импульса. У К., построенных на электромагнитных реле, все указанные действия производятся вспомогательными контактами. Лампы или транзисторы эквивалентны одноконтактным элементам, поэтому все указанные выше операции должны обеспечиваться схемными бесконтактными способами.

При низких частотах коммутации, не превышающих 100 *гц*, К. можно строить на электромагнитных реле. При частотах от 100 до 5000 *гц* находят применение безнакальные тиратроны с холодным катодом. На частотах свыше 5000 *гц* К. строят на электронных лампах или транзисторах.

Находят применение электронно-лучевые К., которые близки по конструкции к *электронно-лучевым трубкам*. Вместо экрана такие трубки имеют изолированную пластину, на которой по окружности расположены металлические контакты. Создаваемый катодом электронный поток соответствующими электрическими и магнитными полями формируется в виде узкого пучка, а отклоняющие поля заставляют пучок обегать последовательно все контакты. У разработанных в последние годы *трохотронов* управление потоками электронов осу-

ществляется взаимно перпендикулярными полями.

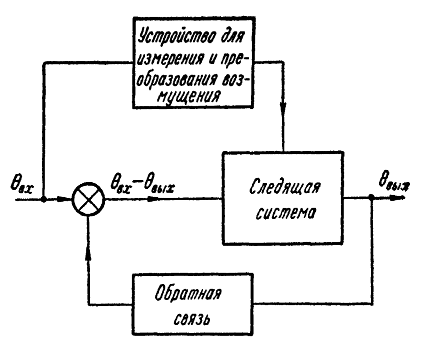
Компандерная система — устройство, содержащее компрессор в пункте передачи электрических сигналов системы телефонной связи или программы *вещания* и *экспандер* в пункте приема. Компрессор работает по принципу *усилителя-сжимателя* и уменьшает *динамический диапазон* передаваемых сигналов. Экспандер работает по принципу *усилителя-расширителя*, частично или полностью восстанавливая первоначальный динамический диапазон. Применение К. с. необходимо в том случае, если между компрессором и экспандером имеется система передачи сигналов, обладающая высоким *уровнем* помех (например, линия телефонной связи). Благодаря К. с. увеличивается помехозащищенность данной системы передачи электрических сигналов и уменьшаются помехи, вносимые данной системой в соседние системы связи (например, в линии, объединенные в общем кабеле).

Компаратор — измерительное устройство, в котором измерение какой-либо величины производится не непосредственно, а путем сравнения с другой известной величиной (компарирования). К. применяются, например, для измерения напряженности полей радиостанций путем сравнения двух напряжений: от сигналов принимаемой радиостанции и от *генератора стандартных сигналов.*

Компаратор амплитудный — разновидность селектора импульсов по амплитуде. Регистрирует момент времени, когда входное напряжение достигает заданного уровня.

Компараторы временны́е — устройства, преобразующие длительность электрических импульсов в амплитуду. Строятся на основе преобразования прямоугольных импульсов в импульсы пилообразной формы, для чего может быть использована интегрирующая цепь.

Компенсация (компаундирование) — средство для устранения влияния возмущений, действующих на объекты управления в автоматических системах, без использования обратных связей. Для К. необходимо возможно более точное измерение всех возмущений и создание компенсирующих воздействий. Практическое применение получили системы, сочетающие К. с использованием обратных связей. Такие системы называют комбинированными. Структурная схема комбинированной автоматической системы, управляемой рассогласованием (ошибкой) и возмущением,



приведена на рис. С К. и комбинированными системами тесно связаны *инвариантные регулируемые системы.* В последние годы для построения компенсированных систем получают применение вычислительные устройства, позволяющие решать вопросы К. посредством изменения некоторых характеристик объекта (параметрическая К.).

Комплексное сопротивление — *полное сопротивление* цепи, обладающей активным и реактивным сопротивлением. В такой цепи сдвиг фаз между током и напряжением отличен от нуля, но не достигает ±90°, и ток имеет как *активную,* так и *реактивную составляющую.*

Композитрон —специальная *знаковая электронно-лучевая трубка*, в которой источником электронов

служит полупрозрачный *фотокатод*. К., в отличие от *характрона*, позволяет работать с внешними сменными матрицами знаков. Оптическое изображение этих матриц проектируется на фотокатод, а выбор знака осуществляется отклонением всего электронного изображения по поверхности экрана с выбирающим отверстием в центре, как в *диссекторе*. В К. нет необходимости в отклоняющих компенсирующих пластинах, как в характроне.

Компрессия речи — сокращение частотного или *динамического диапазонов* или длительности передачи электрических сигналов в системах телефонной связи. Электрические сигналы при телефонной связи возникают в результате воздействия на *микрофон* телефонного аппарата акустических сигналов речи. К. р. осуществляется путем исключения из передаваемого электрического сигнала излишней *информации*, а для дальнейшего увеличения К. р. — и элементов сигнала, несущих небольшую информацию.

Существующие методы К. р. можно разделить на две группы. К первой группе относятся более простые методы, не предусматривающие возможность частичного или полного восстановления (экспандирования) первоначального сигнала в месте приема. Эти методы называются ограничением речевого (электрического) сигнала. Ко второй группе отнесем методы, предусматривающие возможность экспандирования речевого сигнала. Компрессия на передающей стороне с последующим экспандированием на приемной стороне канала связи называется компандированием речевого сигнала.

Основным критерием пригодности того или иного метода К. р. является *разборчивость речи* в месте приема. Важно учитывать, что разборчивость должна определяться при наличии шумов и помех, характерных для данного метода и неизбежных при телефонных передачах. Каждый метод должен предусматривать надлежащую помехозащищенность системы передачи и не снижать ее.

Перечислим некоторые виды К. р.

1. Частотное ограничение речевых сигналов, при котором исключается часть частотного диапазона первоначального сигнала. Самый простой способ сокращения частотного диапазона заключается в ограничении области наиболее низких и наиболее высоких *звуковых частот*. Телефонная передача частотного диапазона в ограниченных пределах от 300 до 3500 *гц* при наличии флуктуационных шумов не снижает, а повышает разборчивость речи, при некоторой потере естественности звучания. Дальнейшее ограничение на краях частотного диапазона приводит к уменьшению разборчивости. Еще более сократить частотный диапазон удается путем исключения его отдельных участков, в которых, как правило, отсутствуют *форманты* речи. По результатам ряда исследований, такими участками являются диапазоны от 750 до 950 *гц* и от 1800 до 2200 *гц*. Предложенные различными авторами способы компрессии частотного диапазона заключаются в исключении тех или иных частотных интервалов, которое осуществляется с помощью электрических фильтров на передающей стороне. Данная операция обычно производится после переноса *спектра* звуковых частот в область более высоких частот (до нескольких десятков килогерц). Это облегчает конструкцию фильтров и позволяет объединять полученные отдельные участки спектра в одну общую полосу частот. Кроме того, на передающей стороне, в ряде способов, спектр вновь переносится в узкую полосу звуковых частот. На приемной стороне производятся обратные операции, но изъятая часть спектра первоначального сигнала, конечно, не восстанавливается.

2. Частотное компандирование речевых сигналов в основном осуществляется путем деления и умножения частоты на передающей стороне с обратными операциями на приемной стороне, при которых достигается частичное искусственное восстановление спектра первоначального сигнала. Один из таких методов предложен под названием «вобэнк» (слово составлено из английских слов «голос», «оркестр», «сжимать»). В данном методе учитывается, что гласные звуки английской речи определяются тремя формантами: первая — ниже 1000 *гц*, вторая находится в пределах от 1000 до 2000 *гц*, третья — выше 2000 *гц*. В результате переноса спектра речевого сигнала в область частот от 107,8 *кгц* до 104 *гц*, применения специальных делителей частоты (уменьшающих вдвое частоту наиболее интенсивных составляющих спектра и в разное число раз частоты менее интенсивных составляющих) и обратного переноса спектра в область звуковых частот, данная система позволяет передавать два телефонных разговора вместо одного, занимая почти такой же диапазон звуковых частот. На приемной стороне производятся обратные операции.

Все опубликованные до настоящего времени методы частотной компрессии речевых сигналов недостаточно эффективны, так как позволяют не более чем в два раза сократить частотный диапазон передаваемых электрических сигналов (по сравнению с обычно передаваемым диапазоном от 300 до 3500 *гц*).

Коэффициентом частотной компрессии называется отношение ширины частотной полосы исходного сигнала к ширине частотной полосы компрессированного сигнала.

Коэффициентом частотного экспандирования называется отношение ширины частотной полосы экспандированного сигнала к ширине полосы на входе экспандера.

Ширина частотной полосы (разность между верхней и нижней частотами) исходного речевого сигнала обычно принимается равной 3000 *гц*.

3. Амплитудное ограничение, при котором исключается часть амплитудного диапазона речевого сигнала, можно в простейшем случае осуществить с помощью *пикосрезателя*. Однако этот способ вносит большие *нелинейные искажения*. Значительно меньшие искажения вносит система, весьма аналогичная автоматической *регулировке усиления* (*усилитель-сжиматель* или *усилитель-ограничитель*). Амплитудное ограничение позволяет сократить динамический диапазон передаваемых сигналов, повысить эффективность использования мощности передающих устройств (за счет повышения средней глубины модуляции) и среднюю мощность передаваемых сигналов. Достаточно сильное амплитудное ограничение (на 12 *дб* и более по отношению к среднему *уровню* речи) сравнительно мало понижает разборчивость речи, но ухудшает естественность получаемого звучания.

Ряд дополнительных операций позволяет повысить качество звучания и разборчивость амплитудно-ограниченной речи. Эти операции заключаются, например, в том, что перед ограничением осуществляется подъем высокочастотных составляющих речевого сигнала, амплитуды которых меньше, чем у низкочастотных составляющих. На приемной стороне производится обратная операция. Кроме того, производится фильтрация продуктов искажений, возникающих в данной системе связи, и ряд других операций.

Естественный и ограниченный по амплитуде речевой сигнал (так же, как *сигнал вещательной передачи*) в разные моменты времени может иметь различные амплитудные значения. Предельное амплитудное ограничение, при котором амплитуды

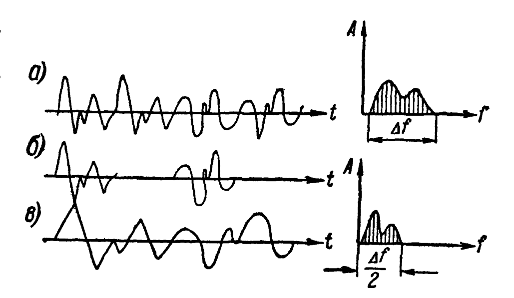
сигнала сохраняют только два возможных значения ($+U$ и $-U$), называется клиппированием. Клиппированная речь имеет приемлемую разборчивость, но очень низкое качество звучания. При наличии значительных шумов разборчивость клиппированной речи резко снижается.

Если по одному каналу передавать клиппированные сигналы, а по другому — временную огибающую данной речи и на приемной стороне путем воздействия огибающей (например, в модуляторе) восстановить прежние уровни речи, то разборчивость и качество звучания восстановленной речи мало отличаются от получаемых без ограничения. Этот способ передачи клиппированной речи и огибающей наиболее распространен в технике К. р.

4. Амплитудное компандирование отличается от ограничения наличием экспандера на приемной стороне, который частично (или полностью) восстанавливает прежний динамический диапазон речи. Устройство экспандера принципиально аналогично *усилителю-расширителю.* Система, содержащая компрессор на передающей стороне и экспандер на приемной стороне, называется *компандерной системой.* Применение такой системы повышает естественность и разборчивость речи на приемной стороне.

5. Временно́е ограничение заключается в том, что на передающей стороне в течение коротких промежутков времени сигнал прерывается и в передаче появляются паузы, которые могут быть заполнены другой передачей с последующим их разделением. Если прослушать телефонную передачу с короткими разрывами (незаметными на слух вследствие наличия слуховой памяти), то воспринимаются не разрывы, а искажения речи и щелчки. Для их устранения на приемной стороне производится «растягивание» речевого сигнала, заполняющее паузы.

На рис. *а* показано исходное колебание, соответствующее отрывку речевого сигнала, и его спектр, на рис. *б* — то же колебание после изъятия ряда участков, на рис. *в* — колебание, «растянутое» на приемной стороне, и его спектр.



Подобная система приводит и к частотной компрессии речевого сигнала.

Для увеличения пропускной способности систем телефонной связи можно использовать систему, основанную на том, что при переговоре двух абонентов в каждый определенный момент говорит только один. Тем самым в системах дальней связи используется только канал одного направления. К этому надо добавить паузы между фразами и меньшие паузы между словами. В целом двусторонний канал загружен одним переговором только на 25—40%. При применении системы, использующей эти паузы для передачи другого разговора, можно при 120 абонентах иметь всего 36 каналов.

Ограничиваясь этим кратким перечнем, заметим, что ряд других методов К. р. основан, например, на применении *вокодеров.* Разнообразные методы ограничения и компандирования речевых сигналов, основанные на изучении свойств

этих сигналов и их слухового восприятия, имеют большое практическое значение для увеличения пропускной способности систем телефонной связи, повышения их помехоустойчивости и специального *кодирования* речевых сигналов при создании механизмов, реагирующих на голос оператора, и *говорящих машин.*

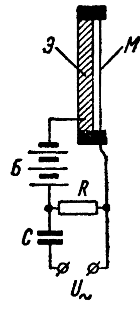
Компрессор — см. *Усилитель-сжиматель.*

Конденсатор — прибор, состоящий из двух электрически изолированных друг от друга систем проводников, называемых «обкладками», обладающих определенной *взаимной емкостью.* Емкость К. тем больше, чем больше поверхность его обкладок и чем меньше расстояние между ними. Обычно обкладки делаются в форме пластин, отделенных друг от друга небольшим воздушным промежутком или тонким слоем диэлектрика. К., у которого расстояние между обкладками очень мало по сравнению с их размерами, может считаться *плоским К.* даже в том случае, когда обкладки не являются плоскими, а, например, свернуты в трубку.

По роду диэлектрика между обкладками различают К. воздушные, бумажные, слюдяные и т. д. У К. постоянной емкости поверхность пластин и расстояние между ними остаются постоянными, а у К. переменной емкости изменяется либо расстояние между обкладками, либо, чаще, «рабочая поверхность» обкладок, т. е. та их часть, которая участвует в образовании емкости. Последнее обычно достигается тем, что одна группа обкладок (подвижные пластины, образующие ротор К.) может поворачиваться вокруг оси, входя в промежутки между обкладками другой группы (неподвижными пластинками, образующими статор К.).

Конденсатор Керра — см. *Ячейка Керра, Керр-эффект.*

Конденсаторный преобразователь — *электроакустический преобразователь*, выполненный в виде конденсатора, имеющего подвижную и неподвижную пластины с воздушным промежутком. Подвижная пластина (см. рис.) представляет собой тонкую, достаточно сильно натянутую *мембрану* (*М*), неподвижная — достаточно массивный электрод (*Э*). В настоящее время широко используются *конденсаторные громкоговорители и микрофоны.* Между мембраной и неподвижным электродом создается некоторая постоянная разность потенциалов (например, с помощью батареи *Б*), обусловливающая постоянную силу электростатического притяжения. Если система используется как громкоговоритель, то к К. п. дополнительно подводится переменное напряжение (например, от источника переменного напряжения $U\sim$, нагруженного на сопротивление *R*). Изменение разности потенциалов между мембраной и неподвижным электродом, а следовательно, и силы притяжения вызовет колебание мембраны и возникновение звуковых волн в окружающей среде. Практически включение конденсаторного громкоговорителя производится по специальной схеме в анодную цепь лампы усилителя электрических сигналов *звуковых частот.* Эта схема обеспечивает подведение как постоянного (поляризующего), так и переменного напряжений к К. п. Конденсаторный громкоговоритель успешно работает как излучатель верхнего диапазона звуковых частот (приблизительно от 7000 *гц* и выше) и применяется в *громкоговорящих агрегатах* совместно с *электродинамическими громкоговорителями.* Последние излучают более низкие частоты.



При работе в качестве микрофона на мембрану воздействует звуковая волна, вызывая колебание мембраны. При этом будет изменяться электрическая емкость К. п. Последнее вызовет изменение электрических зарядов, удерживаемых на пластинах К. п., а следовательно, изменение падения напряжения на нагрузочном сопротивлении *R*. Емкость *С* защищает выход микрофона от попадания постоянного (поляризующего) напряжения от батареи *Б*. Таким образом, на выходе получится только переменное напряжение, частота которого определяется частотой колебания мембраны. Это напряжение подается на усилитель электрических колебаний звуковых частот. Специальные конструкции конденсаторных микрофонов позволяют успешно принимать звуковые колебания в широком диапазоне частот.

Кондуктивная связь — см. *Связь между контурами.*

Конечный автомат — математическая модель дискретной управляющей системы с конечным числом дискретных состояний входа и выхода и с конечной памятью. К. а. может служить моделью как технической, так и биологической системы. Анализ и синтез К. а. имеет большое прикладное значение для создания всевозможных логических и арифметических устройств. Вместе с тем необходимо отметить, что само по себе понятие «К. а.» означает математическую абстракцию и за этим термином не стоит непосредственно какая-либо конкретная техническая реализация.

Контактная разность потенциалов — разность потенциалов (см. *Потенциал*), возникающая между двумя разнородными проводниками при их соприкосновении (контакте). К. р. п. обусловлена различной концентрацией «свободных» электронов и различной *работой выхода* у разных проводников. При соприкосновении двух таких проводников часть электронов от одного из них переходит в другой. В результате этого первый проводник заряжается положительно, а второй — отрицательно и между ними устанавливается вполне определенная для данной пары проводников К. р. п., которая препятствует дальнейшему переходу электронов. Для разных пар проводников К. р. п. различна, но вдоль любой замкнутой цепи из последовательно включенных разнородных проводников сумма К. р. п. равна нулю, если вся цепь имеет одну и ту же температуру. Поэтому в отличие от *электродвижущей силы* К. р. п. не может поддерживать тока в замкнутой цепи. К. р. п. играет существенную роль в явлениях *электронной эмиссии*, уменьшая работу выхода для *активированных катодов*. К. р. п. возникает также при соприкосновении разнородных полупроводников и на *электронно-дырочном переходе.*

Контакторы — электромагнитные аппараты для коммутации мощных силовых цепей с напряжением до нескольких сотен вольт. Основными элементами К. являются: главные контакты, вспомогательные контакты, дугогасительные устройства и привод. При подаче питания на привод К. срабатывает, причем нормально открытые контакты замыкаются, а нормально закрытые размыкаются. Главные контакты коммутируют силовые цепи, вспомогательные — цепи управления, сигнализации, блокировки и т. д. Материалом для контактов служат тугоплавкие хорошо проводящие сплавы. Для гашения дуг, возникающих при коммутации, служат дугогасящие устройства в виде специальных дугогасящих камер или магнитное дутье. Последнее осуществляется специальными дугогасящими катушками, создающими электродинамические силы в результате взаимодействия между полем катушки и дугой. Для перемещения движу-

щихся частей К. применяют электромагнитные либо пневматические приводы с поступательным или поворотным движением. Мощность, потребляемая катушкой К., достигает нескольких десятков ватт. Число включений при повторно-кратковременной работе не должно превышать 600—1200 в час.

Континуальные модели — модели управляющих систем, представляющих собой сплошную, непрерывную среду. К. м. могут быть противопоставлены дискретные модели управляющих систем, состоящих из различных элементов и отдельных связей между ними. К. м. успешно используются при моделировании процессов в тканях сердечной мышцы и других средах. Примером К. м. является и *нейристор* — модель нервного волокна.

Континуальные системы — см. *Однородные системы.*

Контрастность изображения — характеристика динамического диапазона изменения яркости в пределах данного телевизионного кадра. К. и. определяется отношением яркостей наиболее светлого и наиболее темного участков изображения.

Контроль по модулю — способ контроля *сумматора* при помощи независимого устройства, более простого, чем сам сумматор. Такой контроль основывается на теореме из теории чисел: «если целые числа a и b сравнимы по модулю m, и целые числа c и d сравнимы по тому же модулю m, то сумма $a + b$ сравнима по модулю m с суммой $c + d$». Здесь нужно иметь в виду, что целые числа a и b называются сравнимыми по модулю m, если при делении на m они дают один и тот остаток. Эта теорема применяется в следующих целях. С каждым числом N связывают число n, являющееся остатком от деления N на модуль m. При сложении двух чисел N_1 и N_2 одновременно и независимо складываются по модулю m соответствующие им числа n_1 и n_2. Если сумма $(n_1 + n_2)$ по модулю m совпадает с остатком от деления $(N_1 + N_2)$ на m, значит сложение произведено без ошибки. Рассмотрим пример: пусть $m = 3$, $N_1 = 12$, $N_2 = 23$; тогда $n_1 = 0$, $n_2 = 2$. Остаток от деления $N_1 + N_2 = 35$ на 3 равен 2, но и $n_1 + n_2 = 0+2=2$. Если, например, получилось бы $N_1 + N_2 = 34$, тогда остаток от деления 34 на 3 был бы равен 1, в результате чего была бы выявлена ошибка при сложении.

Контроль по четности — то же, что *проверка на четность.*

Контур ударного возбуждения — колебательный контур (LC), в котором возбуждаются колебания путем скачкообразного изменения тока в неразветвленной цепи контура. Напряжение, снимаемое с К. у. в., является исходным для формирования импульсов различной формы с помощью разных *формирователей* импульсов (*ограничителей*, *дифференцирующих цепей*, *триггеров*, *релаксаторов* и т. д.), включаемых после К. у. в. Так можно получать одиночные импульсы прямоугольной и остроконечной формы, повторяющиеся серии коротких импульсов, а также осуществлять расширение импульсов.

На рис. *а* показана одна из схем возбуждения контура, а на рис. *б* — иллюстрирующие ее работу временные диаграммы. Лампа в данной схеме выполняет роль ключа (вместо лампы можно включить другой ключ, например транзистор). До момента времени t' лампа открыта ($u_1 = 0$), и анодный ток протекает через катушку L контура. При этом в магнитном поле катушки оказывается запасенной некоторая энергия. Напряжение на контуре благодаря пренебрежимо малой величине активного сопротивления R катушки в это время равно нулю, а выходное напряжение — величине E_a.

В момент t' лампа запирается отрицательным перепадом напряжения u_1, а анодный ток становится равным нулю. Ток в катушке мгновенно уменьшиться не может, и поэтому он замыкается через конденсатор, как показано стрелкой на рис. *а*. Последний при этом заряжается, а напряжение на нем, имеющее полярность, показанную на

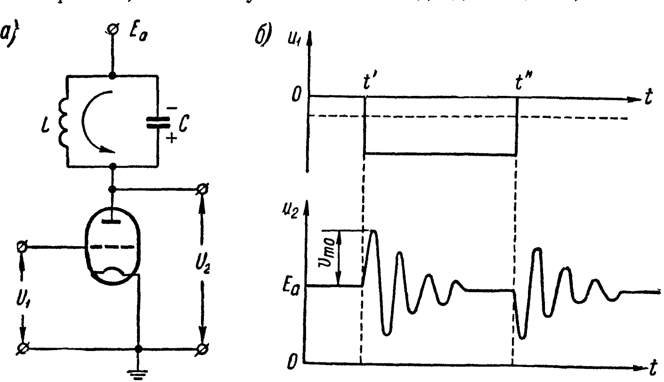


рис. *а*, начинает возрастать. Напряжение u_2 растет, и, таким образом, первый полупериод выходного напряжения оказывается положительным. Далее имеет место процесс свободных колебаний в контуре. Амплитуда их постепенно затухает, и через некоторое время напряжение на контуре становится равным нулю, а напряжение u_2 — напряжению анодного питания E_a.

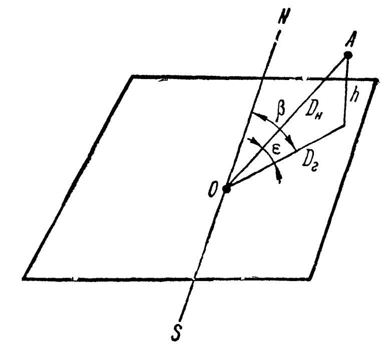
При отпирании лампы (момент t'') анодный ток не может мгновенно возрасти в катушке и вначале замыкается через конденсатор. Процесс аналогичен ранее описанному, однако полярность первого полупериода напряжения теперь отрицательна, и благодаря шунтирующему действию лампы колебания затухают несколько быстрее.

На практике применяется ряд других схем возбуждения колебаний в К. у. в.

Концентрический кабель — то же, что *коаксиальный кабель*.

Конъюнкция — *логическая функция «И»* двух логических переменных.

Координаты цели (в радиолокации) — система координат для определения положения обнаруженного радиолокационным методом объекта (цели) на плоскости (при определении положения наземных или надводных целей, а также низколетящих самолетов) или в пространстве (при определении положения воздушных целей). В радиолокации принято положение цели



определять в сферических (полярных) координатах, начало которых находится в месте расположения радиолокатора (см. рис.). Линейная координата $D_н$ называется наклонной дальностью цели и пред-

ставляет собой длину радиуса-вектора от начала координат (точка O) до цели (точка A). Угловая координата β называется азимутом и является углом, измеряемым в горизонтальной плоскости между нулевым направлением (направление на север) и проекцией радиуса-вектора на горизонтальную плоскость. Отсчет азимута ведется по часовой стрелке (т. е. север — восток — юг — запад) от 0 до 360°. Если цель наземная или надводная, то ее положение определено этими двумя координатами.

Для воздушных целей необходимо определить третью, также угловую координату — угол места ε — угол, измеряемый в вертикальной плоскости между радиусом-вектором и горизонтальной плоскостью. Отсчет этого угла ведется от горизонтальной плоскости вверх (до 90°) со знаком «+» или вниз (для радиолокаторов на самолете) со знаком «—».

Для радиолокаторов на подвижных объектах (кораблях, самолетах) обычно вместо азимута определяется курсовой угол на цель — угол, измеряемый в горизонтальной плоскости между диаметральной плоскостью корабля (самолета) и проекцией радиуса-вектора на горизонтальную плоскость. Отсчет курсового угла ведется от направления на нос корабля (самолета) и до 180°, причем курсовым углам по правому борту дают знак «+», а по левому — знак «—».

Иногда необходимо знать другие координаты, например высоту цели h — расстояние по вертикали от цели до горизонтальной плоскости и горизонтальную дальность $D_г$ — длину проекции радиуса-вектора на горизонтальную плоскость. Нетрудно видеть, что

$$h = D_н \sin \varepsilon; \qquad D_г = D_н \cos \varepsilon.$$

Копир-эффект — искажение воспроизводимого звука при *магнитной записи*, обусловленное тем, что при наматывании магнитной ленты *(сигналоносителя)* в рулон магнитное поле какого-либо участка вызывает намагничивание прилегающих к нему участков на соседних витках. Так, например, резкий выкрик при записи может вызвать при воспроизведении ряд опережающих и последующих более слабых выкриков, напоминающих эхо. Для устранения К. следует применять магнитную ленту с большой коэрцитивной силой.

Короткие волны — радиоволны длиной от 10 до 50 *м*. Основное отличие К. в. от более длинных волн (длиннее 100—200 *м*) заключается в особенностях их распространения. Более длинные волны распространяются преимущественно непосредственно над земной поверхностью в виде *поверхностной волны.* К. в. распространяются главным образом в верхних слоях атмосферы в виде *пространственной волны*, так как для К. в. поверхностная волна быстро ослабевает из-за сильного *поглощения радиоволн* Землей и поэтому практически затухает на небольшом расстоянии от передатчика. Пространственная же волна, распространяющаяся высоко над поверхностью Земли, не испытывает поглощения в Земле. Она возвращается на Землю за счет *преломления радиоволн в ионосфере.* Поэтому возможна связь с помощью пространственных волн между точками, которые разделены выпуклостью Земли. Вернувшаяся волна может отразиться от Земли, снова достичь ионосферы, преломиться в ней вторично и вернуться на Землю на расстоянии, примерно вдвое большем, чем в первый раз. При распространении коротких волн на очень большие расстояния обычно происходит по крайней мере двукратное преломление в ионосфере и отражение от Земли.

Особенности К. в. определяют их применение для радиосвязи. С помощью К. в. возможна связь на очень большие расстояния при малых мощностях, но условия и

сама возможность связи сильно зависят от времени года и времени суток, так как от них зависит высота и степень ионизации различных слоев ионосферы. Чтобы обеспечить регулярную связь, приходится в разное время года и суток пользоваться волнами разной длины (применение «дневной» и «ночной» волны).

Коротковолновик — радиолюбитель, занимающийся приемом и передачей или только приемом (коротковолновик-наблюдатель) на коротких волнах и имеющий свой *позывной сигнал*. К. объединяет *Федерация радиоспорта СССР*. Руководит работой советских К. Всесоюзное добровольное общество содействия армии, авиации и флоту (ДОСААФ).

Коротковолновые радиовещательные диапазоны — небольшие участки коротковолнового диапазона, отведенные на основании международных конвенций для работы радиовещательных станций.

Коротковолновые районы — районы, на которые разделены большие страны для быстрого определения места нахождения любительских радиостанций. Эти районы обозначаются цифрами, входящими в позывной любительской станции. Советский Союз разделен на 10 районов. Территория РСФСР включает в себя 1-й, 3-й, 4-й, 9-й, часть 2-го, 6-го и 0 (нулевой) район — так обозначается десятый район нашей страны, в который входят Восточная Сибирь и Дальний Восток. Во 2-й район входят Белоруссия, Латвия, Литва и Эстония, в 5-й — Молдавия и Украина, в 6-й — Азербайджан, Армения и Грузия, в 7-й — Казахстан, в 8-й — Таджикистан, Туркмения и Узбекистан.

Коротковолновый конвертер — дополнительное устройство (приставка) к длинноволновому приемнику, работающее по принципу *супергетеродина* и преобразующее частоту принимаемых коротковолновых колебаний в некоторую промежуточную частоту, находящуюся в пределах диапазона данного длинноволнового приемника. В итоге получается коротковолновый супергетеродин, в котором К. к. служит преобразователем частоты (иногда и усилителем высокой частоты), а длинноволновый приемник заменяет все остальное.

Корректирующие коды — избыточные *коды*, позволяющие производить обнаружение и (или) исправление ошибок. В случае двоичных кодов ошибки состоят в том, что «0» в результате воздействия шумов в канале связи может быть воспринят приемным устройством как «1», или, наоборот, «1» может быть принята как «0». К. к. существенно повышают надежность передачи по каналу связи с помехами. К. к. возникли вначале именно для решения проблем обеспечения помехоустойчивой связи, но вскоре нашли приложение и в ряде областей вычислительной техники. К. к. характеризуются рядом параметров. Пусть n — число двоичных разрядов в слове, из них k разрядов — информационные. При отсутствии помех в канале связи этих k разрядов достаточно для передачи всех слов данного кода, которых, очевидно, не может быть больше 2^k. Избыточные $(n - k)$ разряды используются для обеспечения помехоустойчивости кода. Отношение $(n - k)/k$ называется избыточностью кода. К. к. называются оптимальными, если их избыточность реализована полностью, в противном случае К. к. называются неоптимальными.

К. к. подразделяются на систематические и несистематические. В систематических К. к. информационные разряды всех слов занимают одно и то же положение. Обычно эти разряды располагаются в начале кодового слова, а контрольные разряды — в конце.

Самым простым примером К. к. может служить код, получающийся

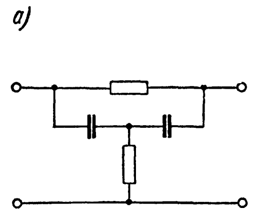
добавлением одного разряда, являющегося результатом *проверки на четность* во всех информационных разрядах. Такой код дает возможность обнаруживать одиночные ошибки: он является, очевидно, оптимальным и систематическим.

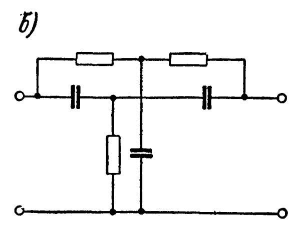
Примером несистематического и неоптимального К. к. может служить известный *код 2 из 5*. Любые два слова К. к. должны отличаться между собой не менее чем в двух разрядах, иначе код не будет обладать корректирующими свойствами. Очевидно, два слова К. к. не могут разниться друг от друга более чем в n разрядах. Если $2 \leqslant d < n$ представляет собой наименьшее количество разрядов, в которых любые два слова отличаются друг от друга, то d называется минимальным расстоянием К. к. Минимальное расстояние характеризует корректирующую способность К. к. Если потребовать, чтобы К. к. исправлял λ ошибок, должно быть выполнено соотношение $d \geqslant 2\lambda + 1$. Например, для исправления одной ошибки ($\lambda = 1$) необходимо, чтобы минимальное расстояние К. к. было не меньше трех.

Многие классы К. к. получили название по имени авторов, которые их впервые предложили. Например, широко известны *коды Хемминга*, Рида — Мюллера, Боуза — Чоудхури и др. Однако в настоящее время более употребительна научная классификация К. к., основывающаяся на теории образования этих кодов. В соответствии с такой классификацией коды делятся на линейные (или *групповые*), циклические, рекуррентные и др.

Корректирующие устройства (в автоматике) — устройства, вводимые в состав *автоматических регуляторов* и *следящих систем* для придания им требуемых статических и динамических характеристик. Наибольшее распространение получили К. у., построенные при помощи пассивных электрических цепей, электронных устройств и электромеханических элементов. К. у., построенные при помощи пассивных электрических цепей, представляют собой четырехполюсники без источников энергии. Они являются простейшими дифференцирующими, интегрирующими или интегро-дифференцирующими цепями. Иногда как К. у. используется дифференцирующий трансформатор. В качестве электромеханических К. у. находят применение *тахогенераторы*, сигнал на выходе которых пропорционален скорости вращения (производной от угла поворота какой-либо оси). Все указанные К. у. пригодны для выполнения операций с немодулированными сигналами.

Для дифференцирования амплитудно-модулированных сигналов применяют К. у. переменного тока; они представляют собой пассивные RC-цепи, собранные в мостиковые Т-образные контуры (см. рис. *а*) или двойные мостиковые Т-образные контуры (см. рис. *б*), которые при соблюдении некоторых условий выполняют операцию диффе-



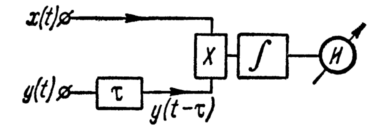


ренцирования только над огибающей входного сигнала. В системах автоматического управления находят применение К. у., выполняющие более сложные линейные операции над сигналами, чем простое интегрирование или дифференцирование. Такие К. у. принято определять по форме их амплитудно-частотных характеристик.

Корректирующие элементы — реактивные сопротивления (иногда в комбинации с активными), включаемые в различные цепи усилителя низкой частоты для *коррекции искажений*.

Коррекция искажений — устранение (или уменьшение) того или иного *искажения* путем включения специального контура, который вносит искажение, обратное данной системе. С помощью такого корректирующего контура чаще всего исправляют *частотные* и *фазовые искажения*. В усилителях корректирующий контур включается между отдельными каскадами усиления, а в линиях — обычно перед той из них, которая вносит искажение (такой метод называется методом предыскажений). Если, например, линия вызывает повышенное затухание напряжения в области высоких частот звукового диапазона, то перед линией включается контур, имеющий обратную частотную характеристику — с подъемом высоких частот.

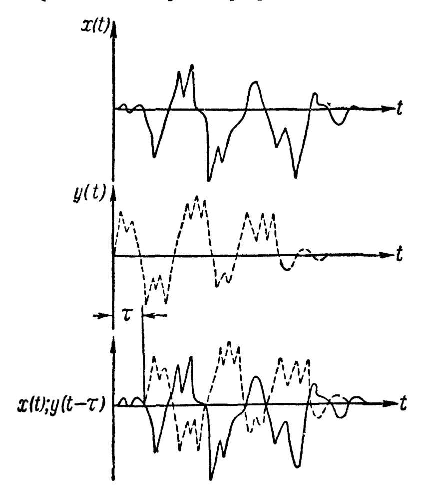
Коррелометр — прибор для экспериментального определения корреляционной функции (см. *Корреляция*). На два входа прибора (см. рис.) соответственно подаются два исследуемых сигнала, изменяющихся во времени $x(t)$ и $y(t)$. Один из них проходит линию задержки, величина которой (τ) может произвольно меняться. Затем сигналы поступают на умножитель (X), а с его выхода — на интегратор ($\int$), создающий усредненное за время T значение произведения двух сигналов. Иначе говоря, на выходе интегратора получается сигнал, соответствующий корреляционной функции, величина которого измеряется индикатором ($И$). Максимальное показание индикатора означает, что сигналы, поданные на оба входа прибора при данном $\tau = \tau_0$, тождественны, т. е. $x(t) = y(t - \tau_0)$, нулевое показание при любом τ — отсутствию корреляционной связи сигналов $x(t)$ и $y(t)$. Максимальное отрицательное показание при $\tau = \tau_1$ означает, что $x(t) = -y(t - \tau_1)$. Увеличение положительных или отрицательных показаний при некоторых определенных значениях τ_n означает увеличение соответственно ковариантной или контрвариантной корреляционной связи сигналов $x(t)$ и $y(t - \tau_n)$. Эти показания могут находиться в пределах от нуля до максимального.



Корреляция — статистическая зависимость между двумя величинами. Если каждому значению величины x соответствует одно или несколько вполне определенных значений величины y, то зависимость y от x может быть выражена соответствующей формулой или графиком и называется функциональной зависимостью. Если же величины x и y зависят от многих факторов, причем один или несколько факторов влияют как на x, так и на y, то каждому отдельному значению x могут соответствовать разные значения y. Если значение x не оказывает влияния на значение y, то эти величины называются взаимонезависимыми. Если же при данном значении x величина y может находиться только в определенных пределах, то зависимость y от x называется статистической и между x и y существует корреляционная связь.

Определение наличия корреляционной связи производится с помощью корреляционного анализа и требует применения специального математического аппарата. Корреляционный анализ позволяет вскрыть скрытые закономерности в изменении исследуемых величин, определить степень влияния одной величины на другую, найти математическое выражение, характеризующее это влияние, и решать другие практически важные задачи.

В технике связи и электронике часто приходится исследовать различные процессы, протекающие во времени. На рис. графически пока-



зан процесс изменения во времени некоторой переменной величины $x(t)$. Под $y(t)$ понимается изменение во времени какой-либо другой величины. На первый взгляд эти процессы не имеют ничего общего. Однако если второй процесс задержать на время τ, то можно заметить некоторое сходство величин $x(t)$ и $y(t)$, которое в данном примере может быть названо контрвариантностью (положительным значениям $x(t)$ соответствуют отрицательные значения $y(t)$ и наоборот).

Рассмотренный случай показывает, что корреляционная связь иногда обнаруживается только при задержке во времени одного процесса по сравнению с другим. В качестве примера можно указать на акустический *сигнал вещательной передачи* и его запаздывающее на время τ повторение, вследствие отражения звуковой волны от какой-либо поверхности. Это повторение может отличаться от основного сигнала из-за изменений (искажений), происшедших в процессе отражения.

Количественно корреляционная связь двух процессов оценивается по величине так называемой корреляционной функции, которая может быть определена экспериментально с помощью *коррелометра* или вычислена. При полной тождественности двух ковариантных процессов [когда при возрастании функции $x(t)$ функция $y(t)$ также имеет тенденцию к возрастанию], корреляционная функция имеет максимальное положительное значение; при полной тождественности двух контрвариантных процессов — максимальное отрицательное значение. Если два процесса не имеют статистической зависимости, т. е. совершенно взаимонезависимы, корреляционная функция равна нулю. В настоящее время корреляционный анализ находит применение в самых разнообразных областях науки и техники.

Если исследуются два процесса, протекающие во времени t, то корреляционной функцией ψ называется усредненное за время T значение произведения двух величин $x(t)$ и $y(t)$, характеризующих эти процессы. Один из процессов может быть задержан на время τ относительно другого. Математически это записывается в виде:

$$\psi = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} x(t)\, y(t-\tau)\, dt.$$

Если вернуться к нашему примеру сигнала и его отражения, то, измеряя или вычисляя ψ при различных τ, можно найти максимальное значение ψ. Если это значение получается при $\tau = \tau_0$, то τ_0 является временем прихода отраженной волны, а следовательно, путь, проходимый отраженной волной, $l = c_0\tau_0$, где c_0 — скорость ее распространения. Если наблюдавшееся максимальное значение меньше того, которое получилось бы при полной тождественности двух сравниваемых процессов, то, следовательно, отраженный сигнал претерпел изменения (например, содержит шумы).

Применение корреляционного анализа в технике связи весьма разнообразно. Этим методом успешно пользуются при обработке результатов интерференции звуковых и электромагнитных волн; в ряде случаев представляется возможным обнаружить полезный сигнал, уровень которого намного ниже уровня помех (что значительно расширяет возможности связи) и решать другие актуальные задачи.

Космические радиошумы — см. *Космическое радиоизлучение.*

Космическое радиоизлучение — *электромагнитные волны*, излучаемые различными небесными телами в диапазоне радиоволн. В настоящее время, помимо являющихся источниками радиоизлучения тел солнечной системы (Солнца, Луны, планет), обнаружены еще тысячи источников радиоизлучения, часть которых представляет собой туманности, лежащие в пределах нашей Галактики, но большинство составляют другие Галактики, являющиеся очень мощными источниками радиоизлучения (радиогалактики).

Наиболее интенсивное исследование К. р. ведется в благоприятном для этой цели участке диапазона радиоволн, ограниченном со стороны длинных волн прозрачностью ионосферы (волны длиной 10—15 *м*), а со стороны коротких волн — прозрачностью тропосферы (волны длиной 8—4 *мм*). И почти во всем этом диапазоне удается наблюдать большинство перечисленных выше источников К. р., за исключением миллиметровых волн, на которых удается наблюдать только Солнце, Луну, планеты и очень немногие из источников, лежащих за пределами солнечной системы.

Излучение всех перечисленных источников, за исключением межзвездного водорода в нейтральном состоянии, имеет *сплошной спектр*, аналогичный спектру *электрических флуктуаций*, являющихся причиной возникновения шумов на выходе приемника (поэтому К. р. называют иногда космическими радиошумами). Только радиоизлучение межзвездного газа может иметь линейчатый спектр (точнее, спектр, занимающий очень узкий интервал частот). Наиболее мощным источником такого радиоизлучения является самый распространенный во Вселенной газ — водород. Нейтральный межзвездный водород излучает «спектральную линию», все излучение которой сосредоточено в узкой полосе спектра, вблизи частоты 1420 *Мгц*.

Наиболее мощным источником радиоизлучения, вследствие его относительной близости к Земле, является Солнце, которое может посылать в приемник, снабженный не очень большой антенной, мощность, сравнимую с мощностью шумов приемника, а во время отдельных «всплесков» радиоизлучения даже значительно бóльшую мощность. Мощность, попадающая в приемник от других источников К. р., на волнах от дециметровых до миллиметровых даже при больших антеннах значительно меньше мощности собственных шумов приемника. Однако на волнах метрового диапазона мощность общего радиоизлучения («фона») Галактики, попадающая через антенну в приемник, может значительно пре-

восходить мощность малошумящего радиоприемника.

К. р. некоторых источников представляет собой тепловое *электромагнитное излучение*, в других — имеет иную (нетепловую) природу. Исследованием К. р. занимается новая наука — *радиоастрономия*.

Космическое телевидение — использование телевизионной техники в космосе. С помощью К. т. передают на Землю изображения астрономических объектов с борта обсерватории, размещенной на космическом корабле. Это позволило получить изображения поверхности Луны и Марса с ранее недостижимой детальностью. С помощью К. т. была сфотографирована обратная сторона Луны. *Телевизионные телескопы* на космических кораблях позволяют полностью исключить искажающее влияние атмосферы при наблюдении с Земли. К К. т. можно также отнести системы, использующие для дальней ретрансляции телевизионных сигналов искусственные спутники Земли.

Для К. т. используют телевизионные камеры на *видиконах* или *фототелевизионные системы*. За исключением передач из космоса, транслируемых по сети телевизионного вещания, параметры систем К. т. существенно отличаются от стандартных. Огромные расстояния, ограниченная мощность радиопередатчиков и слабая направленность передающих антенн заставляют резко сузить полосу частот телевизионных радиолиний, что приводит к значительному увеличению времени передачи одного кадра. В системах межпланетных станций (например, «Зонд-3», «Маринер») используется кодово-импульсная модуляция при скорости передачи всего несколько двоичных знаков в секунду. Для передачи каждого кадра сигналы камеры сначала записываются с нормальной скоростью, а затем передаются двоичным-кодом в течение многих часов. Для надежного приема слабых сигналов в К. т. используются направленные антенны с большой эффективной поверхностью и приемники с предельно малым уровнем собственных шумов.

Котельников Владимир Александрович (1908) — советский ученый в области радиотехники, академик, дважды лауреат Государственной и лауреат Ленинской премии, директор Института радиотехники и электроники АН СССР. С 1931 г. ведет педагогическую работу в Московском энергетическом институте, с 1947 г. — профессор.

Основные труды К. посвящены проблемам борьбы с помехами радиоприему и разработке новой аппаратуры радиосвязи. Под руководством К. проводились работы по радиолокации планет. В феврале 1963 г. на расстоянии около 100 млн. *км* была осуществлена радиолокация планеты Марс, а в сентябре — октябре того же года, благодаря дальнейшему повышению чувствительности радиоаппаратуры, удалось осуществить прием отраженных радиоволн от Юпитера. В данном случае радиоволны прошли путь от Земли до Юпитера и обратно в 1 млрд. 200 млн. *км*. Этот блестящий эксперимент считается одним из самых замечательных достижений современной радиоэлектроники.

Коэрцитивная сила — сила, препятствующая изменению *магнитной поляризации* ферромагнетиков. Пока ферромагнетик не поляризован, т. е. элементарные токи в нем ориентированы беспорядочно, К. с. препятствует ориентировке элементарных токов в определенном порядке. Но когда ферромагнетик уже поляризован, К. с. удерживает элементарные токи в состоянии упорядоченной ориентировки и после того, как внешнее намагничивающее поле устранено. Этим объясняется *остаточный магнетизм*, который наблюдается у многих

ферромагнетиков. Величина К. с. определяется тем значением напряженности магнитного поля обратного направления, при котором остаточная намагниченность уменьшается до нуля.

Коэффициент бегущей волны — величина, характеризующая соотношение между амплитудами *бегущей* и *стоячей электромагнитных волн* в линии и обратная *коэффициенту стоячей волны*. К. б. в. может иметь значение от нуля до единицы, и чем он ближе к единице, тем ближе режим линии к режиму чистой бегущей волны.

Коэффициент взаимоиндукции — то же, что *взаимная индуктивность*.

Коэффициент вторичной эмиссии — отношение числа вторичных электронов, выбиваемых с поверхности данного материала под действием бомбардировки ее первичными электронами, к числу этих первичных электронов (см. *Вторичная эмиссия*).

Коэффициент модуляции — то же, что *глубина модуляции*.

Коэффициент направленного действия антенны — количественная характеристика *направленного действия антенн*. К. н. д. а. показывает, во сколько раз нужно повысить мощность излучения воображаемой, ненаправленной антенны (излучающей равномерно во всех направлениях), чтобы получить от нее ту же напряженность поля, какую дает данная антенна в направлении максимального излучения. На средних и коротких волнах можно получить К. н. д. а. порядка единиц или десятков. На метровых волнах К. н. д. а. может быть порядка сотен, а на сантиметровых волнах — порядка тысяч или даже десятков тысяч.

Коэффициент насыщения транзистора в режиме переключения — отношение тока базы транзистора в открытом состоянии к значению тока базы, при котором *рабочая точка транзистора* переходит из *активной области* на границу области насыщения (см. *Насыщенная область*).

Коэффициент нелинейных искажений — отношение эффективной величины продуктов нелинейного искажения к эффективной величине неискаженного сигнала на выходе испытуемого устройства. Если на вход испытуемого устройства (*усилителя*, *громкоговорителя*, звукозаписывающего аппарата и т. п.) подать сложный сигнал, состоящий из нескольких синусоидальных составляющих, то при наличии нелинейности на выходе этого устройства можно обнаружить *гармоники* каждой синусоидальной составляющей входного сигнала и *комбинационные колебания*. Все эти продукты *нелинейных искажений* оказывают влияние на качество переданного сигнала. Наибольшее влияние на слуховое восприятие переданного звука оказывают комбинационные колебания.

Простейший метод оценки величины нелинейных искажений предусматривает подачу на вход испытуемого устройства одного синусоидального колебания. В данном случае на выходе получается колебание с частотой входного сигнала (называемое основным тоном) и при наличии нелинейности — вторая, третья и другие гармоники этого колебания. В соответствии с изложенным К. н. и. (часто называемый *клирфактором*)

$$K=\frac{\sqrt{U_2^2+U_3^2+U_4^2+\ldots}}{U_1},$$

где U_2, U_3, U_4 и т. д. — амплитуды всех гармоник, начиная со второй; U_1 — амплитуда основного тона (первой гармоники). Такой метод оценки величины нелинейных искажений исключает возможность образования комбинационных колебаний. Если в нормальных условиях эксплуатации используемое устройство работает при подаче на вход сложного сигнала (например, *сигнала вещательной передачи*), то

величина клирфактора не отображает всех продуктов нелинейности (из-за отсутствия комбинационных колебаний); это — существенный недостаток данного метода, так как результаты испытаний не всегда позволяют судить о восприятии нелинейных искажений на слух. Другие методы оценки величины нелинейных искажений основаны на подаче сложного сигнала. Соответственно с этим К. н. и. учитывает амплитуды не только гармоник, но и комбинационных колебаний.

Коэффициент нестабильности коллекторного тока — один из параметров *транзистора*, характеризующий стабильность рабочей точки при изменении обратного тока $I_{\text{к0}}$ коллекторного перехода (см. *Обратный ток p — n перехода*). Значительные изменения величины $I_{\text{к0}}$ могут происходить при изменении температуры транзистора как за счет изменений температуры окружающей среды, так и за счет собственного нагрева транзистора рассеиваемой в нем электрической мощностью. К. н. к. т. показывает, во сколько раз изменение тока коллектора превышает вызвавшее его изменение величины $I_{\text{к0}}$. В лучших схемах К. н. к. т., обозначаемый символом S, близок к единице, а в худших может достигать десятков и сотен.

Коэффициент осевой концентрации — см. *Направленность источников и приемников звука.*

Коэффициент отражения — отношение отраженного от поверхности светового (лучистого) потока к падающему. К. о. всегда меньше единицы, достигая значения 0,96—0,98 для свежевыпавшего снега, окиси алюминия, гипса.

Коэффициент Пельтье — характеристика пары полупроводников (или проводников), определяющая количество теплоты $Q_{\text{П}}$, выделяемой или поглощаемой на их контакте за счет *эффекта Пельтье*:

$$Q_{\text{П}} = \Pi It,$$

где Π — коэффициент Пельтье; I — ток; t — время.

Коэффициент передачи — отношение напряжения на выходе (U_2) той или иной системы, предназначенной для передачи электрических сигналов, к напряжению на входе (U_1). В усилительных устройствах К. п. больше единицы и часто называется коэффициентом усиления. К. п. может быть выражен в *децибелах* и тогда он определяется величиной $20 \lg \frac{U_2}{U_1}$. Если устройство вносит ослабление передаваемого сигнала, то применяют термин «коэффициент затухания», под которым понимается величина, обратная коэффициенту передачи, выраженная в децибелах, т. е. $20 \lg \frac{U_1}{U_2}$.

Коэффициент переноса (в транзисторе) — коэффициент, показывающий, какая доля *неосновных носителей*, инъектируемых *эмиттером* в базу транзистора, достигает коллекторного перехода. Величина К. п. близка к единице. Остальная часть неосновных носителей погибает в базе за счет *рекомбинации*.

Коэффициент поглощения — отношение поглощенного потока лучистой энергии (или светового потока) к падающему потоку. Для абсолютно черного тела К. п. равен единице.

Коэффициент преломления — см. *Преломление волн.*

Коэффициент пульсации — количественная характеристика *пульсирующего напряжения.* К. п. равен отношению *амплитуды первой гармоники* переменной составляющей выпрямленного напряжения к его постоянной составляющей (выражается обычно в процентах). Чтобы при питании приемника от выпрямителя не прослушивался фон переменного тока, К. п. должен быть достаточно мал (обычно гораздо меньше 1%).

Коэффициент рассасывания — параметр, характеризующий рабо-

ту транзистора в режиме переключения. Для ускорения процесса рассасывания избыточных носителей при переключении транзистора из открытого состояния в запертое (см. *Время рассасывания*) часто сопровождают такое переключение сменой полярности напряжения на эмиттерном переходе. При этом в цепи базы возникает запирающий ток (он имеет направление, обратное току, открывающему транзистор). Отношение величины запирающего тока к току базы, переводящему рабочую точку транзистора из активной области на границу области насыщения, называют К. р. Чем больше К. р., тем скорее происходит запирание транзистора.

Коэффициент самоиндукции — то же, что *индуктивность*.

Коэффициент связи — см. *Связь между контурами.*

Коэффициент стоячей волны — величина, характеризующая соотношение между амплитудами *стоячей* и *бегущей электромагнитных волн* в линии, обратное *коэффициенту бегущей волны*. К. с. в. всегда больше единицы. Чем ближе К. с. в. к единице, тем ближе режим в линии к режиму чистой бегущей волны.

Коэффициент усиления — см. *Коэффициент передачи.*

Коэффициент усиления антенны — см. *Усиление антенны.*

Коэффициент усиления каскада (по напряжению, току, мощности) — величина, показывающая, во сколько раз переменное напряжение (соответственно сила тока или мощность) на выходе каскада усиления больше, чем на входе. К. у. к. зависит от параметров используемой электронной лампы (или полупроводникового триода) и схемы, в первую очередь от величины сопротивления нагрузки (см. *Усилительная лампа*).

Коэффициент усиления по току (транзистора) — отношение приращения тока в цепи выходного электрода к вызвавшему его приращению тока в цепи входного электрода транзистора. Справочные значения К. у. п. т. указываются для режима «короткого замыкания» выходной цепи; это означает, что при измерении К. у. п. т. на выходных электродах транзистора поддерживается постоянное напряжение, не зависящее от изменений тока. Такой К. у. п. т. обозначают символом α, если транзистор включен по схеме с общей базой, или β — для схемы с общим эмиттером (см. *Схемы включения транзистора*). Отношение постоянного тока в цепи выходного электрода к постоянному току в цепи входного электрода называют коэффициентом усиления по постоянному току или не вполне правильно — статическим К. у. п. т.

Коэффициент усиления электронной лампы — величина, показывающая, во сколько раз изменение сеточного напряжения действует на величину анодного тока сильнее изменения анодного напряжения. К. у. лампы

$$\mu = -\frac{\Delta U_{\text{а}}}{\Delta U_{\text{с}}} \text{ при } I_{\text{а}} = \text{const},$$

где $\Delta U_{\text{с}}$ и $\Delta U_{\text{а}}$ — такие изменения сеточного и анодного напряжений, которые компенсируют друг друга, т. е. вместе не вызывают изменения анодного тока $I_{\text{а}}$. Чтобы $I_{\text{а}}$ оставался постоянным, нужно изменять $U_{\text{с}}$ и $U_{\text{а}}$ в разные стороны, т. е. одно уменьшать, а другое увеличивать. Поэтому $\Delta U_{\text{а}}$ и $\Delta U_{\text{с}}$ имеют разные знаки и перед их отношением ставится знак минус, чтобы величина μ была положительна. Например, если при увеличении на 10 *в* анодного напряжения нужно уменьшить сеточное напряжение на 1 *в*, чтобы анодный ток остался неизменным, то К. у. лампы равен 10.

Иногда вместо К. у. применяется обратная величина — проницаемость лампы

$$D = \frac{1}{\mu} = -\frac{\Delta U_{\text{с}}}{\Delta U_{\text{а}}} \text{ при } I_{\text{а}} = \text{const},$$

где ΔU_c и ΔU_a имеют прежний смысл. В рассмотренном примере $D = 0,1$. В современных триодах разных типов К. у. имеет величину, лежащую в пределах от 3 до 100. В многоэлектродных лампах К. у. достигает нескольких тысяч.

Коэффициент фильтрации (коэффициент сглаживания) — количественная характеристика действия *сглаживающего фильтра*. К. ф. есть отношение амплитуд первых гармоник переменной составляющей напряжения до фильтра и после фильтра. Иначе говоря, К. ф. показывает, во сколько раз фильтр ослабляет первую гармонику переменной составляющей пульсирующего напряжения.

Красная граница фотоэффекта — максимальная длина волны лучистой энергии, вызывающей фотоэффект в данном материале. Наличие К. г. ф. объясняется квантовомеханическими представлениями о природе электромагнитной энергии и энергетических состояниях электрона. Согласно этим представлениям электромагнитная волна переносит энергию неделимыми порциями (квантами), величина которых прямо пропорциональна частоте колебаний и, таким образом, убывает с увеличением длины волны. С другой стороны, освобождение электрона происходит только за счет одного скачка энергии, который не может быть меньше ширины запрещенной зоны (см. *Зонная теория*). Поэтому фотоэффект возможен лишь при условии, что кванты света не меньше ширины запрещенной зоны, или, что то же самое, длина волны меньше некоторого значения, называемого К. г. ф.

Кремниевые диоды и транзисторы — *полупроводниковые диоды и транзисторы*, изготовленные из *кремния*. Отличаются от германиевых диодов и транзисторов способностью работать при более высоких температурах (до 120—150° С).

Кремний (Si) — химический элемент IV группы периодической системы Менделеева; удельный вес его 2,3 *г/см*³, температура плавления 1423° С. При затвердении образует кристаллическую структуру с решеткой типа гранецентрированного куба. Весьма распространенный в полупроводниковой технике материал, используемый для изготовления диодов и транзисторов, предназначенных для работы при высокой температуре, солнечных батарей и других полупроводниковых приборов. Идеально чистый К. (посторонних примесей не более одного атома на 10^{12} собственных) имеет при комнатной температуре объемное удельное сопротивление порядка 10^6 *ом·см*, однако столь высокая степень очистки трудно достижима. Примеси III группы (алюминий, бор) придают К. дырочную проводимость, а V группы (фосфор, мышьяк) — электронную.

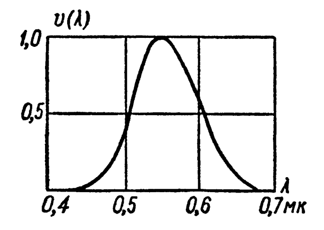
Кренкель Эрнст Теодорович (1903) — один из старейших коротковолновиков, полярный радист и исследователь Арктики. Первым, в 1927 г., осуществил коротковолновую связь в Арктике, зимуя на Маточкином Шаре (Новая Земля). 12 января 1930 г. во время зимовки на о. Гуккера (архипелаг Земли Франца-Иосифа) установил связь на коротких волнах с радиостанцией американской экспедиции Берда, находившейся в Антарктике на расстоянии около 20 тыс. *км*.

В 1932 г. К. награжден орденом Трудового Красного Знамени за участие в экспедиции на ледокольном пароходе «Сибиряков», первым совершившем сквозное плавание по Ледовитому океану в одну навигацию. К. был старшим радистом экспедиции на пароходе «Челюскин» в 1933—1934 гг. Позывной «Челюскина» РАЕМ присвоен личному передатчику К. В 1935—1936 гг. он — начальник и радист полярной станции на Северной Земле. В 1937—1938 гг. К. — радист первой в мире дрейфующей полярной станции «Северный полюс»; 274 дня он провел на льдине вместе со своими

товарищами И. Д. Папаниным, Е. К. Федоровым и П. П. Ширшовым, непрерывно поддерживая связь с материком. К. присвоено звание Героя Советского Союза и присуждена ученая степень доктора географических наук.

В последующие годы К. — начальник Управления полярных радиостанций, заместитель начальника Главсевморпути, директор радиотехнического завода. В настоящее время — начальник лаборатории Института гидрометеоприборостроения. К. является председателем президиума Федерации радиоспорта СССР с момента ее организации — в 1959 г.

Кривая видности — спектральная чувствительность зрения — зависимость интенсивности зрительного ощущения (яркости) от длины



волны λ при равной мощности монохроматических излучений. К. в. $v(\lambda)$ определена в относительных единицах. При $\lambda = 0{,}550$ *мк* $v(\lambda)$ достигает максимума, принятого за единицу.

Кривые намагничивания — кривые, выражающие графически зависимость *магнитной индукции B* от напряженности намагничивающего поля H. Так как магнитная проницаемость μ ферромагнитных тел зависит от величины H и, начиная с некоторых значений H, уменьшается с увеличением H, а $B = \mu H$, то К. н. по мере увеличения H становятся все более пологими. В области, где крутизна К. н. становится наименьшей, наступает *магнитное насыщение*. Вследствие *магнитного гистерезиса* К. н. в направлении увеличения и уменьшения H не совпадают.

Кривые резонанса — кривые, выражающие графически зависимость амплитуды установившихся *вынужденных колебаний* от соотношения между частотами вызывающей эти колебания гармонической внешней силы и собственных колебаний системы. Иногда эти кривые называют амплитудными К. р. в отличие от фазовых К. р., которые выражают аналогичную зависимость не для амплитуды, а для сдвига фаз между установившимися вынужденными колебаниями и внешней силой. Форма К. р. существенно зависит от свойств колебательного контура, в котором возбуждаются вынужденные колебания. В частности, чем меньше *затухание контура*, тем острее амплитудная К. р. и тем круче фазовая К. р.

Криосар — полупроводниковый прибор, работающий при температурах в несколько градусов Кельвина. Один из типов К. обладает при таких температурах вольтамперной характеристикой с участком отрицательного сопротивления. Другой тип К. использует эффект резкого (на несколько порядков) изменения проводимости под влиянием электрического поля. К. может быть использован как элемент для создания электронных схем управления запоминающих устройств на *криотронах*. Однако отсутствие вентильных свойств у этого прибора затрудняет разработку схем и практическое его использование.

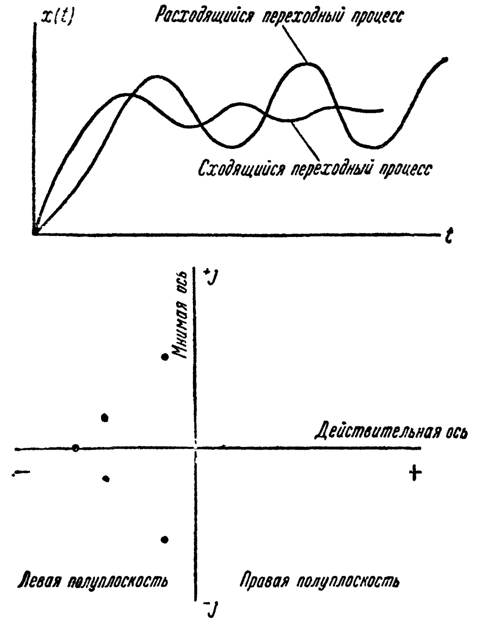
Криотрон — переключательный элемент, работа которого основана на использовании эффекта влияния магнитного поля на состояние *сверхпроводимости* в проводнике. Если проводник находится при температуре, близкой к критической, переход из сверхпроводящего состояния в обычное может управляться слабыми магнитными полями. Приме-

няя современную технологию изготовления тонких металлических пленок, можно создать чрезвычайно миниатюрные К., обеспечивающие большую плотность упаковки. Из К. могут быть построены как *логические схемы*, так и *запоминающие устройства*. К. еще не вышел из стадии лабораторных исследований, однако в литературе по вычислительной технике он считается одним из самых перспективных элементов для построения машин будущего.

Кристадин — см. *Генерирующий детектор*.

Кристаллические диоды и триоды — см. *Полупроводниковые диоды* и *Транзисторы*.

Критерии устойчивости — правила, позволяющие делать заключение об устойчивости замкнутой автоматической системы. Система с затухающим переходным процессом называется устойчивой, а с расходящимся процессом — неустойчивой (см. рис.). Необходимым и достаточным условием устойчивости системы является отрицательность действительных частей корней *характеристического уравнения*. Если изображать эти корни на комплексной плоскости, то необходимое и достаточное условие устойчивости заключается в том, что все корни должны быть расположены в левой части комплексной плоскости (см. рис.).



• — корни характеристического уравнения

При изменении параметров системы изменяются коэффициенты характеристического уравнения, причем корни его будут перемещаться в комплексной плоскости и могут пройти через мнимую ось в правую часть этой плоскости, что будет соответствовать переходу от устойчивости к неустойчивости. Вычисление корней характеристического уравнения высокого порядка связано с большими затруднениями. Поэтому важное значение приобретают К. у., которые позволяют судить об устойчивости без вычисления корней. При помощи таких К. у. не только устанавливают условия устойчивости, но выясняют влияние тех или иных параметров и структурных изменений в системе на устойчивость. Существуют различные формы К. у. С математической точки зрения все они эквивалентны, так как выражают одно и то же: все ли корни расположены в левой части комплексной плоскости.

Критическая связь — значение коэффициента связи двух *связанных контуров*, при котором изменяется характер кривой резонанса этих контуров. При слабой связи она имеет один максимум (как и для одиночного контура). Но при более

сильной связи на кривой резонанса появляются два максимума (она становится «двугорбой»). Значение коэффициента связи, при котором появляются два горба, и называется К. с. Величина К. с. зависит от свойств контуров и их настройки. Для двух одинаковых и настроенных в резонанс контуров коэффициент К. с. численно равен *затуханию* этих *контуров*.

Критическая частота радиосвязи — частота, соответствующая той наиболее короткой волне, которая при распространении вертикально вверх еще отражается от того или иного слоя *ионосферы* и возвращается на Землю. Чем сильнее ионизация слоев ионосферы, тем более короткие волны могут отразиться и вернуться на Землю и, следовательно, тем выше К. ч. р. Чтобы правильно выбрать волны для связи на те или иные расстояния, необходимо знать К. ч. р. для разных слоев ионосферы.

Критическая частота рупора — частота, выше которой возможен процесс распространения звуковой волны в экспоненциальном *рупоре*. При возбуждении в экспоненциальном рупоре колебаний с частотой ниже критической частицы среды совершают синфазные колебания и рупор обладает чисто реактивным сопротивлением. При этом излучательная способность экспоненциального рупора конечных размеров резко падает.

Критическая частота слияния мельканий — минимальная частота периодически мелькающего источника света, при которой мелькания перестают замечаться. К. ч. с. м. растет пропорционально логарифму яркости. При средней яркости телевизионного экрана 100—200 *нт* К. ч. с. м. составляет 40—50 *гц*. Узкие и точечные источники *(строка, элемент)*, видимые под малым углом зрения, имеют при той же средней яркости К. ч. с. м., равную 20—25 *гц*.

Критическая частота фильтра — граничная частота, ниже которой начинается ослабление в *фильтре верхних частот* или выше которой начинается ослабление в *фильтре нижних частот*.

Кросс-модуляция — см. *Перекрестная модуляция*.

Круговая поляризация электромагнитных волн — частный случай эллиптически *поляризованной электромагнитной волны*. При К. п. э. в. электрический вектор E вращается вокруг направления распространения волны с угловой скоростью ω (равной угловой частоте волны), но не изменяется по величине. Так же вращается и вектор H, перпендикулярный вектору E. Поляризованную по кругу волну можно получить из двух плоскополяризованных (см. *Плоскополяризованная электромагнитная волна*) волн, у которых векторы E_1 и E_2 равны по амплитуде и взаимно перпендикулярны, а сдвиг фаз между ними равен $\pi/2$. При этом вектор E может вращаться по часовой стрелке, глядя по направлению распространения волны (правая К. п. э. в.), или против часовой стрелки (левая К. п. э. в.).

К. п. э. в. может быть получена различными методами. В простейшем случае применяют два расположенных накрест диполя, питаемых токами, сдвинутыми по фазе на $\pi/2$. Радиоволны с круговой поляризацией иногда применяются в радиосвязи и радиолокации. Преимущество их состоит в том, что прием их возможен при любой ориентировке приемного диполя (в плоскости, перпендикулярной направлению прихода волны). А для приема плоскополяризованных волн направление диполя должно совпадать с направлением вектора E принимаемой волны.

Круговая развертка — *развертка* по окружности, увеличивающая шкалу времени или дальности (в радиолокации) в π раз при равной

точности и диаметре экрана индикаторной трубки.

Крутизна преобразования — характеристика частотно-преобразовательных ламп, по аналогии с обычной *крутизной характеристики электронной лампы*, связывающая напряжение высокой частоты на сетке лампы U_c с током промежуточной частоты в ее анодной цепи $I_{а.\,пр}$. К. п.

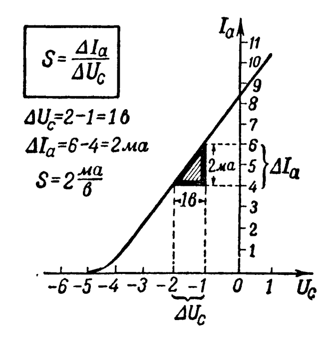
$$S_{пр} = \frac{I_{а.пр}}{U_c}.$$

К. п. может достигать 20—30% значения крутизны характеристики данной лампы при работе ее в режиме усиления.

Крутизна характеристики электронной лампы — отношение изменения анодного тока ΔI_a к вызвавшему его изменению напряжения на сетке ΔU_c при неизменном напряжении на аноде (и на других электродах, если они имеются):

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c} \text{ при } U_c = \text{const}.$$

Так как анодный ток обычно измеряется в миллиамперах, а напряжение на сетке — в вольтах,



то К. х. э. л. принято указывать в миллиамперах на вольт (см. рис.). В современных усилительных лампах К. х. э. л. бывает в пределах 1—5 *ма/в* при катодах прямого накала и достигает 10 *ма/в* и более при подогревных катодах. К. х. э. л. является одним из основных параметров лампы, и от нее в значительной степени зависит усиление, даваемое лампой. Обычно К. х. э. л. кратко называют просто крутизной лампы.

КСВ — см. *Коэффициент стоячей волны.*

Ку-код (Q-код) — международный служебный код (шифр), заменяющий слова или целые фразы сочетаниями из нескольких букв. Он обеспечивает быструю передачу и прием служебных сообщений при радиосвязи. В нем все условные знаки начинаются с буквы Q, которая не применяется для обозначения стран, ибо она специально предоставлена для кода. Каждый знак К. состоит из трех букв; например, QRA? (ку-эр-а с вопросом) означает: «Где находится Ваша радиостанция?» В ответе повторяют те же буквы без знака вопроса и указывают местонахождение станции. К. применяется как в профессиональной, так и в любительской радиосвязи. Правительственные радиостанции применяют также «зет-код». Коротковолновики пользуются *радиолюбительским кодом.*

Кулона закон — закон, определяющий величину и направление сил взаимодействия между точечными электрическими зарядами. Силы взаимодействия между электрически заряженными телами зависят как от величины зарядов, которыми обладают тела, так и от формы заряженных тел и расстояния между ними, а также от свойств среды, в которой расположены тела. Но если размеры тел малы по сравнению с расстоянием между ними, то силы взаимодействия зависят только от расстояния между ними; в таком случае размеры заряженных тел можно не учитывать и рассматривать заряженные тела как точечные заряды. При помощи крутильных весов Кулон определил величину и направление сил взаимодействия между двумя точечными зарядами и нашел зависи-

мость этой силы от расстояния между зарядами: сила взаимодействия направлена вдоль прямой, соединяющей точечные заряды; она притягивает друг к другу разноименные заряды и отталкивает одноименные; величина силы F обратно пропорциональна квадрату расстояния r между зарядами:

$$F \sim \frac{1}{r^2}. \quad (1)$$

Для того чтобы определить, как сила взаимодействия между электрическими зарядами зависит от их величины, необходимо известным образом изменять величину зарядов. Это можно осуществить, например, пользуясь металлическими шариками с ручкой из изоляционного материала. В силу их полного подобия можно утверждать, что при соприкосновении двух шариков общий электрический заряд обоих шариков распределяется между ними поровну. Поэтому, например, в результате прикосновения незаряженного шарика к заряженному шарику крутильных весов величина электрического заряда последнего должна уменьшиться вдвое. Повторяя эту операцию несколько раз, можно уменьшить заряд в четыре, восемь и т. д. раз. Пользуясь таким методом, Кулон установил, что сила взаимодействия зарядов пропорциональна произведению величин обоих взаимодействующих зарядов:

$$F \sim \frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad (2)$$

где q_1 и q_2 — числа, выражающие соответственно отношение величин каждого из взаимодействующих зарядов к величине некоторого заряда определенной неизменной величины («образца заряда»). Пока К. з. содержит утверждение только о пропорциональности величин F и q_1, q_2, величина «образца заряда» может быть выбрана произвольно (но, конечно, для всех опытов она должна оставаться неизменной). Однако чтобы придать К. з. форму равенства

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad (3)$$

нужно в последнее выражение ввести некоторый коэффициент пропорциональности k и из опыта определить его значения в тех или иных условиях. Чтобы можно было на опыте определить значение k, значения q_1 и q_2 должны быть известны (значения F и r измеряются на крутильных весах). Иначе говоря, надо выбрать тот «образец заряда», из сравнения с которым будем каждый раз определять значения чисел q_1 и q_2. Если то количество электричества, которое содержится в «образце заряда», принять за единицу количества электричества, то полученная в результате сравнения данного заряда с «образцом заряда» величина q_1 (или q_2) будет представлять собой количество электричества, содержащееся в данном заряде. Само сравнение данного заряда q_1 с «образцом заряда» производится путем замены заряда q_1 «образцом заряда» и измерением значений F в том и другом случае. Как следует из (2), отношение двух измеренных значений и представляет собой значение q_1.

Выбор единицы количества электричества («образца заряда») может быть произведен по-разному. Можно, например, выбрать так единицу количества электричества, чтобы в К. з. (3) коэффициент k был безразмерной величиной и численно равен единице в случае, когда заряды взаимодействуют в вакууме (практически в воздухе). Так именно выбрана единица количества электричества в абсолютной электростатической системе единиц (СГСЭ): за единицу количества электричества в ней принимается такое его количество, которое с другим равным ему количеством на расстоянии 1 *см* в вакууме действует с силой в 1 *дин* (заряды считаются точечными, т. е. оба количества электри-

чества заключены в объемах, размеры которых очень малы по сравнению с 1 *см*). В системе единиц СГСЭ в вакууме К. з. имеет вид:

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}. \qquad (4)$$

В среде с *диэлектрической проницаемостью* ε сила взаимодействия F при прочих равных условиях оказывается в ε раз меньше, чем в вакууме, т. е. К. з. имеет вид:

$$F = \frac{q_1 q_2}{\varepsilon r^2}. \qquad (5)$$

В системе СИ единицей количества электричества служит кулон, представляющий собой производную от основной единицы — ампера и равный 1 *а·сек*. Вследствие того, что в системе СИ единица количества электричества уже выбрана (как и единицы длины и силы), то коэффициент k в (3) не только не может быть выбран равным единице, но является размерной величиной. Значение коэффициента k в К. з. (3), определенное на опыте (с помощью крутильных весов), оказывается равным $1/4\pi\varepsilon_0$, т. е. К. з. в вакууме принимает вид:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}, \qquad (6)$$

где ε_0 — размерная величина (имеющая в системе СИ размерность фарада на метр): $\varepsilon_0 = 8 \cdot 85 \cdot 10^{-12}$ *ф/м*.

Величина ε_0 называется диэлектрической проницаемостью вакуума. В среде, диэлектрическая проницаемость которой, измеренная в системе СИ, в ε раз больше диэлектрической проницаемости вакуума, величина силы F при прочих равных условиях также в ε раз уменьшается по сравнению с силой взаимодействия в вакууме, т. е. К. з. для среды с относительной диэлектрической проницаемостью ε в единицах СИ принимает вид:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r^2}. \qquad (7)$$

Безразмерный множитель $1/4\pi$ введен в выражение для значения коэффициента k в (3) с целью упрощения вида многих формул, встречающихся в электростатике и электродинамике. Дело в том, что во многих формулах фигурирует множитель $1/4\pi$, который усложняет расчеты по этим формулам. Введение множителя $\frac{1}{4\pi}$ в коэффициент k, который появляется в системе СИ при записи К. з., позволяет сократить множитель 4π во многих, часто применяемых формулах.

Ку-метр (Q-метр) — прибор для измерения *добротности* колебательных *контуров*. Принцип измерения добротности (обозначаемой символом Q, откуда и произошло название прибора) с помощью К. заключается в том, что при настройке контура на частоту внешней э. д. с. определяется отношение напряжения на конденсаторе контура к вводимой в контур э. д. с. К. применяется также для измерения добротности катушек, конденсаторов и для исследования свойств диэлектриков. К. используются для измерений в диапазоне от длинных вплоть до коротких радиоволн.

Купрокс (купроксный элемент) — медная пластинка, покрытая слоем закиси меди. Вследствие того, что контакт меди и закиси меди обладает односторонней электрической проводимостью, К. является выпрямителем (подробнее см. *Меднозакисные выпрямители*).

Купроксный электроизмерительный прибор — прибор для измерения переменных токов, состоящий из одного или нескольких *купроксов* и прибора магнитоэлектрической системы. Измеряемое напряжение (в случае вольтметра) или падение напряжения на шунте (в случае амперметра) выпрямляется с помощью купрокса, и выпрямленный ток измеряется прибором постоянного тока. Область применения К. э. п. — токи низкой часто-

ты. На высоких частотах К. э. п. неприменимы вследствие большой емкости купроксов.

Ку-эс-эль (QSL)-бюро — организация, ведающая получением, сортировкой и пересылкой адресатам QSL-карточек. QSL-бюро существуют во всех странах. В СССР QSL-бюро организовано Центральным радиоклубом ДОСААФ. Почта для зарубежных радиолюбителей, поступающая в QSL-бюро, сортируется по странам и пересылается в адреса QSL-бюро соответствующих стран. QSL-карточки, поступающие для советских коротковолновиков и коллективных радиостанций, сортируются по *коротковолновым районам* СССР, а затем рассылаются по радиоклубам. Еженедельно QSL-бюро отправляет почту в 160 стран и территорий мира, а также в радиоклубы СССР. Из года в год возрастает число и активность советских радиоспортсменов и увеличивается обмен QSL-карточками, о чем свидетельствуют следующие цифры. Если в 1957 г. через QSL-бюро прошло 469 тыс. карточек, то в 1963 г. их было уже 1,5 млн.

Кюри точка — характерная для данного тела температура, при переходе через которую тело теряет какие-то свойства, не изменяя заметно своего состояния. Например, *ферромагнетик* при температуре выше его К. т. (различной для разных ферромагнетиков) резко уменьшает магнитную проницаемость. У *сегнетоэлектриков*, нагретых выше К. т., резко падает диэлектрическая проницаемость, а *пьезоэлектрики* теряют свои пьезоэлектрические свойства. Таким образом, ферромагнетики, сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики должны работать при температуре ниже К. т. для данного материала. Некоторые тела обладают двумя К. т., т. е. приобретают какие-то особые свойства при переходе температуры через первую из К. т. и теряют эти свойства при переходе через вторую из К. т., т. е. обладают особыми свойствами только в интервале температур между двумя К. т.

Л

Лавинное умножение — увеличение обратного тока через *электронно-дырочный переход* при повышении обратного напряжения, связанное с дополнительной ионизацией атомов полупроводника в районе $p — n$ перехода носителями, образующими первичный ток. Л. у. сходно с *ионизацией газа* и приобретает существенное значение при обратных напряжениях, близких к пробивному напряжению $p — n$ перехода. При Л. у. в полупроводнике одновременно появляются пары носителей — электрон и дырка, причем электроны немедленно выбрасываются электрическим полем $p — n$ перехода в n-область, а дырки — в p-область. Таким образом, носители обоих типов увеличивают ток обратного направления.

Лавинный транзистор — транзистор, предназначенный для работы при таких значениях обратного напряжения на коллекторном переходе, при которых развивается *лавинное умножение* носителей и за счет этого *коэффициент усиления по току* α становится больше единицы. Поскольку у плоскостных транзисторов в отсутствие лавинного умножения значение α лишь немногим меньше единицы, достаточно сравнительно слабого умножения для получения значений α, превышающих единицу. При этом Л. т. могут работать в относительно широком диапазоне коллекторных напряжений, безопасных с точки зрения пробоя коллекторного перехода. Л. т. отличаются от обычных наличием в выходных характеристиках участка с *отрицательным сопротивлением*, что позволяет строить с их помощью ряд оригинальных схем (например, мульти-

вибратор с одним транзистором). Наибольший интерес Л. т. представляют для импульсных схем.

Лазер — см. *Оптический генератор.*

Лампа бегущей волны — специальная электронная лампа для усиления и генерации колебаний сверхвысоких частот (дециметровых и сантиметровых волн). Внутри Л. б. в. вдоль провода, свитого в длинную спираль, распространяется электромагнитная волна со скоростью $c \approx 300\,000$ *км/сек.* Однако вдоль оси спирали электрическое поле этой волны распространяется с меньшей скоростью (так как эта последняя скорость представляет собой проекцию скорости распространения волн вдоль спирали на направление оси спирали). Вдоль оси спирали с такой же приблизительно скоростью движется пучок электронов так, что, взаимодействуя с электрическим полем волны, электроны отдают ему часть своей энергии и тем самым усиливают волну, распространяющуюся по спирали. При достаточно большом усилении в лампе начинается генерация колебаний. Основные достоинства Л. б. в. как усилителя — возможность усиления в широкой полосе частот (до 10% от средней частоты) и сравнительно низкий *шумфактор.*

Лампа обратной волны — электронная лампа, по принципу действия очень близкая к *лампе бегущей волны*, но в отличие от нее в Л. о. в. электроны, концентрированные в узкий пучок, движутся не в одном направлении с движущимся вдоль замедляющего устройства полем бегущей волны, а во встречном. При этом, так же как и в лампе бегущей волны, взаимодействие движущихся электронов с полем бегущей волны приводит к усилению этого поля. Основные применения Л. о. в. — генерация колебаний в диапазоне дециметровых и сантиметровых волн. Частота генерируемых колебаний может в некоторых пределах изменяться путем изменения скорости движения электронов (электронная настройка). Различают Л. о. в. с продольным магнитным полем (типа О), используемые как генераторы малой мощности и с низким к. п. д., например в качестве гетеродинов в приемниках, и Л. о. в. типа *М* — с поперечным магнитным полем, используемые как генераторы большой мощности до нескольких сот ватт в дециметровом диапазоне и с к. п. д. до 50%.

Лампа с переменной крутизной — см. *Лампа с удлиненной характеристикой.*

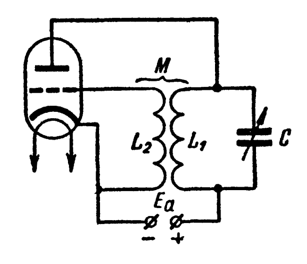
Лампа с удлиненной характеристикой — усилительная лампа с сильно вытянутым нижним перегибом сеточной характеристикой. Изменяя величину смещения на сетке этой лампы, можно перемещать *рабочую точку* на разные участки нижнего перегиба характеристики, имеющие существенно различную крутизну, и тем самым изменять в широких пределах усиление, даваемое лампой. Л. с у. х. применяются для регулировки *чувствительности приемников.* Л. с у. х. называют также лампами с переменной крутизной или «лампами варимю».

Ламповый волномер — см. *Гетеродинный волномер.*

Ламповый вольтметр (катодный вольтметр) — вольтметр для измерения переменных напряжений в широком диапазоне частот (вплоть до самых высоких), представляющий собой комбинацию одной или нескольких электронных ламп и чувствительного магнитоэлектрического измерительного прибора. Измеряемые напряжения обычно подводятся к управляющей сетке триода или многоэлектродной лампы и изменяют постоянную составляющую ее анодного тока, регистрируемую измерительным прибором, который градуируется прямо в величинах подводимого переменного напряжения. Так как *входное*

сопротивление ламп может быть очень велико, особенно на низких частотах, то важным преимуществом Л. в. по сравнению с вольтметрами других типов является их большое внутреннее сопротивление.

Ламповый генератор — устройство, в котором при помощи электронной лампы создаются незатухающие электрические колебания. Основными элементами простейшего Л. г. являются электронная лампа с источниками питания и колебательный контур. Кроме того, в большинстве Л. г. действует *обратная связь* между цепями сетки и анода лампы.



На рис. приведен пример схемы Л. г. с индуктивной обратной связью. Возбуждение незатухающих колебаний в контуре с помощью лампы и обратной связи (применительно к изображенной схеме) осуществляется следующим образом. Пусть в контуре L_1C происходят слабые колебания с его собственной частотой. Такие колебания во всяком контуре всегда существуют в результате *электрических флуктуаций*. Тогда за счет взаимоиндукции между катушками L и L_1 на сетку передается переменное напряжение той же частоты; оно вызывает изменение анодного тока и, следовательно, через контур L_1C протекает переменная составляющая анодного тока, имеющая ту же частоту, что и колебания в контуре. Если эта переменная совпадает по фазе с напряжением на контуре, то она будет отдавать свою энергию контуру. Поэтому для поддержания начавшихся колебаний прежде всего необходима правильная фаза напряжения на сетке (обратная связь в этом случае называется положительной, что достигается соответствующим присоединением концов катушки обратной связи к сетке и катоду). Кроме того, для нарастания колебаний амплитуда переменной составляющей анодного тока должна быть столь велика, чтобы отдаваемая ею контуру энергия превышала потери энергии в контуре. Поэтому взаимоиндукция M между катушками L и L_1 должна превосходить некоторое определенное значение $M_{кр}$, называемое критической обратной связью.

При обратной связи, превышающей критическую, энергия, поступающая в контур, сначала превосходит потери энергии в нем, и возникшие колебания нарастают, т. е. происходит *самовозбуждение колебаний*. По мере увеличения амплитуды колебаний в контуре растет и амплитуда напряжения на сетке, но рост переменной составляющей анодного тока замедляется, так как крутизна сеточной характеристики лампы уменьшается по мере увеличения напряжения на сетке. Вследствие этого потери энергии в контуре возрастают быстрее, чем энергия, поступающая в контур. Когда наступает компенсация потерь энергии в среднем за период, колебания перестают нарастать — в генераторе устанавливаются незатухающие колебания. Амплитуда их тем больше, чем сильнее обратная связь и чем меньше потери энергии в колебательном контуре, т. е. чем меньше его активное сопротивление.

Ламповый усилитель — устройство для усиления электрических напряжений и токов при помощи электронных ламп. Л. у. применяются как для усиления напряжений и токов, так и для усиления мощности. Обычно они выполняют

одновременно обе задачи. Когда амплитуды подводимых напряжений достаточно велики, но подводимая мощность недостаточна, применяются Л. у. только для усиления мощности. Л. у. различаются прежде всего по частоте усиливаемых колебаний: 1) Л. у. высокой частоты для усиления колебаний в диапазоне радиочастот, т. е. для непосредственного усиления радиосигналов или колебаний промежуточной частоты; 2) Л. у. видеочастот для усиления колебаний в широкой полосе частот от самых низких и до нескольких мегагерц или даже десятков мегагерц; 3) Л. у. низкой частоты для усиления колебаний звуковых частот; 4) Л. у. постоянного тока для усиления сколь угодно медленных изменений напряжений и токов. По типу элементов, включаемых для связи между каскадами или в качестве нагрузочных сопротивлений в оконечные каскады, различают *трансформаторные Л. у*, *резисторные Л. у.*, *резонансные Л. у.*, *дроссельные Л. у.*

Ларингофон — специальный *микрофон*, прикладываемый к шее около гортани. Обычно два Л. укрепляют в шлеме симметрично на небольшом расстоянии. В том же шлеме помещают два телефонных наушника (шлемофон). Плотно прилегающий к голове и шее шлем позволяет вести телефонные переговоры в шумных условиях (самолетах, танках).

Лбов Федор Алексеевич (1895) — старейший радиолюбитель, первый советский коротковолновик, сотрудник Нижегородской радиолаборатории имени В. И. Ленина. Построив у себя на квартире в Нижнем Новгороде первую в СССР коротковолновую любительскую радиостанцию, он начал в январе 1925 г. работу на ней с позывными Р1ФЛ, означавшими: Россия, первая, Федор Лбов. В первый же день передачу Р1ФЛ приняли в Шергате, вблизи Моссула (Ирак). На той же станции Л. установил регулярную связь с Ташкентом. В последующие годы Л. вел большую работу в области радиофикации и радиосвязи.

С момента организации Всесоюзного научно-технического общества радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова — Ф. А. Лбов ответственный секретарь его Горьковского отделения и член Центрального правления Общества. Почетный радист — Л. неутомимый пропагандист радиотехнических знаний и активный член секции истории радиоэлектроники и электросвязи Общества.

Лебединский Владимир Константинович (1868—1937) — профессор физики, выдающийся популяризатор и пропагандист радиотехнических знаний, блестящий педагог. Окончил Петербургский университет. Основал курс радиотехники в Петербургском политехническом институте.

В созданной по указанию В. И. Ленина Нижегородской радиолаборатории Л. был одним из ее организаторов и руководителей, председателем научно-технического совета. Он редактировал журналы «Телеграфия и телефония без проводов» и «Радиотехник», создавал первые радиолюбительские кружки и общества. Им написано более 150 научных статей и книг. Л. — организатор и редактор первой серии книг для радиолюбителей «Библиотека радиолюбителя», издававшейся Нижегородской радиолабораторией. Л. широко пропагандировал значение радиолюбительства. Ему принадлежат известные слова: «Где нужен массовый опыт, кропотливые наблюдения, негнущаяся настойчивость без уступок, бесстрашная смелость воплощения мысли — там выступает радиолюбитель». Особого внимания заслуживают вышедшая в 1905 г. книга Л. «Электромагнитные волны и основания беспроволочного телеграфа» — первый русский оригинальный труд в этой области, и

курс «Электричество и магнетизм», выдержавший шесть изданий.

Левые характеристики — *сеточные характеристики электронной лампы*, значительная часть которых (включая и прямолинейный участок) расположена в области отрицательных напряжений на сетке (т. е. слева от начала координат). Л. х. обеспечивают возможность работы лампы без захода в область положительных напряжений на сетке и, следовательно, без возникновения сеточных токов.

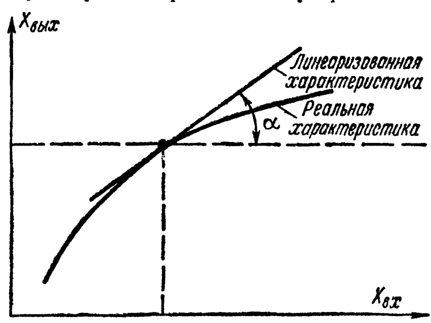
Лентопротяжный механизм — основная часть *магнитофона*, протягивающая магнитную ленту через полюсы записывающей головки при записи или воспроизводящей головки при воспроизведении звука и перематывающая ленту с одной бобины на другую. Л. м. бывают с одним, двумя или тремя двигателями.

Ленца принцип — общий принцип, охватывающий все случаи *электромагнитной индукции* и позволяющий установить направление возникающей э. д. с. индукции. Согласно Л. п. это направление во всех случаях таково, что ток, созданный возникшей э. д. с., препятствует тем изменениям, которые вызвали появление э. д. с. индукции. Л. п. является качественной формулировкой закона сохранения энергии в применении к электромагнитной индукции. В то время, когда Ленц сформулировал свой принцип, не был еще установлен в общем виде закон сохранения энергии и, таким образом, высказанное Ленцем положение являлось новым и фундаментальным принципом.

Лепесток диаграммы направленности — участок *диаграммы направленности*, заключенный между двумя минимумами и содержащий один максимум. Все антенны, кроме простейших (например, диполя, длина которого не превышает половины длины волны), обладают диаграммами направленности, имеющими более чем два минимума и один максимум, т. е. содержащими более чем один лепесток. Максимумы отдельных Л. д. н. обычно имеют различную величину. Лепесток с наибольшим максимумом называется главным, остальные — боковыми лепестками. Так как для работы антенны используется главный лепесток, то всегда стремятся к тому, чтобы максимумы боковых лепестков были малы по сравнению с максимумом главного лепестка.

Лехера система — симметричная двухпроводная длинная линия, используемая в качестве *высокочастотного фидера* или *измерительной линии*.

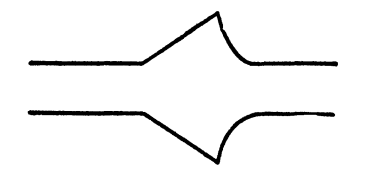
Линеаризация — замена реальных непрерывных нелинейных характеристик различных устройств



и объектов регулирования и управления линейными (см. рис.). Обычно линеаризация характеристики производится в области или точке, соответствующей нормальному режиму работы объекта. В основе Л. лежит предположение о том, что в динамических режимах отклонение характеристик от установившихся мало. Основным параметром линеаризованной характеристики является ее крутизна, определяемая как тангенс угла наклона между касательной (иногда секущей), проведенной к рабочей точке, и осью абсцисс.

Линейно изменяющееся напряжение — импульсное напряжение

с линейным передним фронтом. Различают линейно растущее и линейно падающее напряжения (см. рис.). Области применения Л. и. н.: временна́я *развертка электронного луча*, преобразование напряжения во временной интервал, получение линейно изменяющегося тока, в вычислительных устройствах непрерывного действия.



Как импульсное напряжение, Л. и. н. характеризуется длительностью переднего *фронта* (участка прямого, или рабочего хода) $T_{пр}$, длительностью заднего фронта (участка обратного хода) $T_{об}$, длительностью паузы $t_{п}$, амплитудой U_m, скоростью изменения

$$\frac{dU}{dt} \approx \frac{U_m}{T_{пр}}$$

и другими параметрами. Степень нелинейности переднего фронта измеряется коэффициентом нелинейности p, равным относительному изменению скорости Л. и. н. Допустимые значения p и относительных нестабильностей других параметров определяются требованиями к точности устройств, использующих Л. и. н. Наименее жесткими эти требования являются в генераторах развертки электронно-лучевых индикаторов, где при наличии временно́го калибратора (датчика меток времени) допустима нелинейность порядка нескольких процентов. Практически достигаются значения p порядка сотых долей процента. Принципы получения Л. и. н. — см. *Генераторы линейно изменяющегося напряжения.*

Линейно изменяющийся ток — импульсный ток с линейным передним *фронтом*. Область применения — временна́я *развертка в электронно-лучевых трубках* с электромагнитным отклонением. Параметры Л. и. т. аналогичны параметрам *линейно изменяющегося напряжения.*

Линейное программирование — математическая дисциплина, являющаяся разделом *кибернетики*. Представляет собой совокупность методов нахождения оптимальных значений линейных функций многих переменных, подчиненных системе неравенств. По существу, Л. п. является линейным планированием. Задачи Л. п. могут решаться перебором, однако при числе переменных несколько десятков и более полный перебор не под силу даже самой быстродействующей вычислительной машине. Может случиться так, что задача вообще будет неразрешима. Методы Л. п. позволяют аналитически установить неразрешимость задачи. Типичным примером задачи Л. п. является организация транспортировки грузов из ряда источников к нескольким потребителям. Применение методов Л. п. позволяет получить минимум затрат или минимум времени для транспортировки грузов. К этому же типу задач относятся проблемы оптимального размещения заказов между предприятиями, распределения ресурсов и т. д.

Линейность развертки — постоянство скорости развертки телевизионной трубки. Отклонение от этого постоянства измеряется коэффициентом нелинейности развертки — отношением разности между наибольшей и наименьшей скоростями к средней скорости. Нелинейность развертки приводит к неравномерной яркости фона и искажениям масштаба изображения. Коэффициент нелинейности развертки допускается до 5%.

Линейные цепи — цепи, подчиняющиеся закону Ома, т. е. такие, в которых ток прямо пропорционален приложенному напряжению. Иначе говоря, сопротивление Л. ц.

постоянно и не зависит от приложенного к нему напряжения. Прямая пропорциональность — это один из случаев линейной зависимости между двумя величинами, откуда и произошло название Л. ц. Графически такая зависимость изображается прямой линией. В случае прямой пропорциональности она проходит через начало координат. В большинстве случаев приходится иметь дело с Л. ц., но во многих радиотехнических устройствах принципиальную роль играют и *нелинейные цепи*, не подчиняющиеся закону Ома.

Линзовые антенны — антенны, в которых фокусировка радиоволн осуществляется по принципу, аналогичному принципу действия оптических линз. В качестве линз для радиоволн могут быть применены *диэлектрические линзы*, но чаще используется то обстоятельство, что между металлическими стенками электромагнитные волны распространяются с большей фазовой скоростью (см. *Скорость распространения электромагнитных волн*), чем в свободном пространстве, аналогично тому, как это происходит в *волноводах*. Если по мере удаления от центра к краю Л. а. радиоволны проходят между металлическими стенками все больший и больший путь, увеличивающийся по определенному закону, то больший путь скомпенсируется большей скоростью распространения и волны придут в какую-то точку, лежащую на оси антенны, в одинаковой фазе, т. е. сфокусируются в этой точке. Таким образом, решетка из металлических листов, имеющая форму двояковогнутой линзы (плоскости листов должны быть расположены параллельно оси линзы), представляет собой собирательную линзу для радиоволн. (Как известно, оптические собирательные линзы должны быть двояковыпуклыми, так как скорость света в стекле меньше, чем в свободном пространстве.) Поскольку расстояние между металлическими листами должно быть порядка длины волны, то диаметр всей линзы должен во много раз превышать длину волны. Поэтому Л. а. приемлемых размеров могут быть осуществлены только для дециметровых и сантиметровых волн.

Линия задержки — четырехполюсник, предназначенный для задержки электрических сигналов на некоторый заданный промежуток времени $\tau_з$, называемый временем задержки. В качестве Л. з. может быть использован отрезок длинной линии, при этом $\tau_з$ равно времени распространения электромагнитной волны вдоль линии:

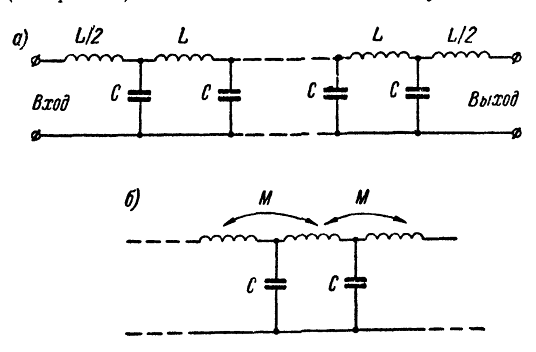
$$\tau_з = \frac{l}{v},$$

где l — длина линии; $v = 1/\sqrt{LC}$ — скорость распространения волны; L и C — погонные индуктивность и емкость (отнесенные к единице длины).

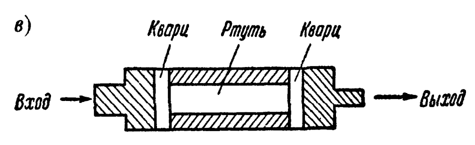
Длинные линии (например, экранированный высокочастотный кабель) целесообразно применять в качестве Л. з. только в диапазоне наносекундных задержек, так как у этих линий скорость v велика ($v \approx 200$ *м/мксек*, т. е. для получения $\tau_з = 1$ *мксек* требуется 200 *м* кабеля). У Л. з., выполненной спиральным кабелем (т. е. кабелем, в котором внутренний провод имеет форму цилиндрической спиральной обмотки, что приводит к увеличению погонной индуктивности L и уменьшению v), погонная задержка имеет величину порядка 1—2 *мксек/м* при волновом сопротивлении от сотен ом до нескольких килоом.

Чаще всего в качестве Л. з. применяются искусственные линии с сосредоточенными параметрами, состоящие из звеньев *фильтров нижних частот* (см. рис. *а*). Такие Л. з. позволяют получить заданное $\tau_з$ при меньшем объеме, но с бóльшими искажениями формы сигнала, чем при использовании длинных

линий. Время задержки для одного звена примерно равно $\tau_{зв} \approx \sqrt{LC}$, а для n звеньев $T_з = n\tau_{зв} \approx n\sqrt{LC}$. Для уменьшения искажений формы передаваемых сигналов применяются звенья типа M, в которых введена взаимная связь между последовательными индуктивностями (см. рис. *б*).



Выпускаемые промышленностью Л. з. различаются по конструкции, по времени задержки и по волновому сопротивлению; запись ЛЗ-Г-2-1-600 означает: ЛЗ — линия задержки, Г — герметичная, 2 — число выводов, 1 — задержка 1 *мсек*, 600 — волновое сопротив-



ление; кроме того, выпускаются специальные теплостойкие линии задержки (ЛЗТ), применяемые в диапазоне температур от —60 до +150° С.

Для получения значительных интервалов задержки (до единиц миллисекунд и больше) применяются ультразвуковые, магнитострикционные и другие Л. з.

Ультразвуковая Л. з. основана на передаче ультразвуковых импульсов через некоторую среду, обладающую низкой скоростью распространения ультразвуковых колебаний. В качестве такой среды ранее часто использовали ртуть. Ртутная Л. з. (см. рис. *в*) представляет собой трубку длиной 50—100 *см*, диаметром 10—30 *мм*, наполненную ртутью и закрытую с обоих концов кристаллами кварца, выполняющими роль электроакустических преобразователей. Продольные акустические колебания, возникающие при возбуждении кварца, распространяются в ртути со скоростью 1450 *м/сек*.

В магнитострикционных Л. з., которые находят широкое применение для преобразования электрической энергии импульса в энергию ультразвука, используется явление *магнитострикции*.

Л. з. применяются для получения временно́й задержки импульсов, для формирования прямоугольных импульсов в кодирующих, декодирующих и селекторных устройствах, в *запоминающих устройствах электронных вычислительных машин*.

Линия радиосвязи — совокупность всех устройств, обеспечивающих радиосвязь между двумя пунктами. Л. р. бывают магистральные, внутриобластные и низовые. Магистральные линии соединяют столицу СССР — Москву — с республиканскими, краевыми, областными или крупными промышленными центрами или соединяют эти центры между собой. Внутриобластные Л. р. соединяют районы или отдельные населенные пункты с областным центром. К низовым относятся линии внутрирайонной связи или связи с колхозами, совхозами и т. п.

Первая Л. р. была осуществлена 6 февраля 1900 г. А. С. Поповым на расстоянии 45 *км* между г. Коткой в Финляндии и о. Гогланд для обслуживания спасательных работ по снятию с камней потерпевшего аварию броненосца «Генерал-адмирал Апраксин».

Лиссажу фигуры — замкнутые кривые, вычерчиваемые точкой, которая совершает колебания одновременно в двух взаимно перпендикулярных направлениях с периодами, находящимися в простых целочисленных отношениях. Форма и расположение Л. ф. зависит от соотношения между частотами, амплитудами и фазами обоих колебаний. Например, Л. ф. получаются на экране *электронного осциллографа*, когда на обе отклоняющие системы подаются синусоидальные напряжения с частотами, находящимися в простых целочисленных отношениях. В частности, при равных частотах (отношение частот 1 : 1) Л. ф. есть эллипс, форма и наклон которого зависят от соотношения между амплитудами и фазами обоих напряжений. При отношении частот 1 : 2 Л. ф. имеют форму восьмерки. Вообще при отношении частот $m : n$ Л. ф. m раз касается каждой из двух параллельных сторон прямоугольника, в который Л. ф. вписывается, и n раз — двух других параллельных сторон. Если отношение частот не целочисленное, то пятно за много периодов прочерчивает весь экран равномерно и Л. ф. не наблюдается. Когда отношение частот приближается к целочисленному, Л. ф. становится видимой, но она все время изменяет свою форму и положение на экране (тем медленнее, чем ближе отношение частот к целочисленному).

Логарифмическая шкала (усиления или ослабления) — шкала, соседние деления которой соответствуют одинаковому изменению отношения двух величин (а не одинаковой разности двух величин, как в обычной шкале). Если какая-либо величина после усиления (или ослабления) имеет значение A_2, а до усиления (или ослабления) A_1, то в Л. ш. это усиление (или ослабление) при использовании десятичных логарифмов выражается так:

$$N_{10} = \lg \frac{A_2}{A_1},$$

а при использовании натуральных логарифмов

$$N_e = \ln \frac{A_2}{A_1}.$$

Усилению соответствуют положительные значения N, так как A_2/A_1 больше единицы, а ослаблению — отрицательные значения N, так как A_2/A_1 меньше единицы. Л. ш. обладает следующей особенностью. При возрастании какой-либо величины логарифм ее растет гораздо медленнее, чем сама величина. Например, при возрастании величины в 100 раз ее десятичный логарифм увеличивается на 2, при возрастании в 1000 раз — на 3 и т. д. Поэтому Л. ш. удобна, когда значительные изменения мощностей, напряжений и токов происходят в ряде последовательных участков какого-либо устройства. Чтобы найти полное изменение мощности, нужно было бы перемножить изменения мощности во всех участках, т. е. брать произведение многих больших чисел; а в Л. ш. для этого достаточно алгебраически сложить выраженные по Л. ш. изменения мощности в отдельных участках, что гораздо проще, так как требует сложения небольших чисел.

Л. ш. имеет также специальное преимущество, если изменение мощности происходит при воспроизведении звуков. Восприятие громкости звука растет пропорционально не самой мощности звуковых колебаний, а ее логарифму (см. *Вебера — Фехнера закон*). Поэтому для характеристики громкости звуков Л. ш. наиболее удобна.

Логарифмические частотные характеристики — амплитудно- и фазочастотная характеристики, построенные в логарифмическом масштабе. Прологарифмируем *амплитудно-фазовую характеристику*

$$k(j\omega) = A(\omega) e^{i\varphi(\omega)},$$
$$\lg|k(j\omega)| = \lg|A(\omega)| + j\varphi(\omega).$$

Кривые, соответствующие $\lg|A(\omega)|$ и $\varphi(\omega)$, построенные в логарифмическом масштабе частот ($\ln\omega$), называются натуральными логарифмическими частотными амплитудной и фазовой характеристиками. На практике логарифмическую амплитудно-частотную характеристику определяют в децибелах:

$$L(\omega) = 20\lg|A(\omega)|.$$

Кривая $\varphi(\omega)$, построенная в логарифмическом масштабе частот, называется логарифмической фазовой частотной характеристикой. В теории связи децибел является отвлеченным числом. В теории автоматического управления в децибелах выражается 20 десятичных логарифмов отношения амплитуды величины на выходе какого-либо устройства к амплитуде гармонического воздействия на его входе. Поэтому в децибелах выражается логарифм отношения двух каких-либо различных величин.

Логарифмические амплитудно-частотные характеристики легко аппроксимируются отрезками прямых линий, асимптотами, что чрезвычайно упрощает их построение. Наклоны асимптот чаще всего выражают в децибелах на декаду (декада — интервал частот, отличающихся друг от друга в 10 раз). Элементарные звенья систем автоматического регулирования имеют характеристики, состоящие из одной или двух прямых. При помощи Л. ч. х. выполняется анализ устойчивости и качества систем автоматического регулирования. Л. ч. х. получили большое распространение при синтезе следящих систем.

Логарифмический декремент затухания — величина, характеризующая *скорость затухания собственных колебаний*. Л. д. з. есть натуральный логарифм отношения соседних амплитуд одинакового знака. В случае слабо затухающих колебаний он приблизительно равен относительному уменьшению амплитуды за период. Например, если Л. д. з. равен 0,05, то за каждый период амплитуда колебаний убывает на 5% своей величины. Л. д. з. ϑ колебательного контура зависит от величины активного сопротивления R контура, его индуктивности L и емкости C и при малом затухании приближенно равен:

$$\vartheta \approx \pi R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

(когда Л. д. з. велик, выражение его имеет иной вид). По мере увеличения активного сопротивления контура его Л. д. з. также увеличивается и стремится к бесконечности, что соответствует переходу от колебательного контура к апериодическому. В расчетах обычно пользуются не Л. д. з., а величиной в π раз меньшей и называемой *затуханием контура*.

Логарифмический закон слухового восприятия — см. *Вебера — Фехнера закон*, *Громкость*.

Логарифмический масштаб — масштаб для графиков, применяемый при очень больших изменениях изображаемой величины. В Л. м. одним и тем же расстояниям по оси графика соответствуют одинаковые приращения не самой изображаемой величины, а ее логарифмов, т. е. ее увеличения в одно и то же число раз. Обычно пользуются десятичными логарифмами, и тогда увеличение логарифма изображаемой величины на 1 соответствует ее возрастанию в 10 раз. Если, например, каждому делению на оси графика соответствует приращение

логарифма изображаемой величины на 1, то на участке оси, содержащем пять делений, уместятся изменения логарифма на 5 единиц, т. е. изменения самой величины в 10^5 раз.

Логика — наука о законах, формах, приемах исследования и доказательства истинности суждений. Термин Л. употребляется также для обозначения отдельных разделов этой обширной науки («диалектическая Л.», «формальная Л.», «двухзначная Л.» и др.). Иногда этот термин служит для обозначения собственно связи между отдельными мыслями (Л. мышления). История Л. как науки уходит в глубь веков. Первоначально Л. возникла и развивалась как наука о законах и формах мышления. Трудами древнегреческого мыслителя Аристотеля была создана основа так называемой традиционной формальной Л., которая в виде застывшей и канонизированной схемы существовала более двух тысячелетий. Значительно позже в рамках теории познания начала формироваться диалектическая Л. В середине прошлого века возникла символическая Л.

В рамках *кибернетики* в настоящее время наибольшее внимание уделяется тому направлению символической Л., которое называют двузначной математической Л. Прикладное значение имеет пока только начальный ее раздел — *алгебра логики* (или *булева алгебра*, исчисление высказываний, Л. переключательных функций и т. д.). На языке двузначной математической Л. проводится анализ всех современных специализированных и универсальных цифровых вычислительных машин. Одновременно развивается пороговая Л., служащая удобным математическим аппаратом для анализа и синтеза схем из пороговых элементов, в число которых входят некоторые типы моделей *нейронов*. В связи с проблемой надежности стала интенсивно развиваться *мажоритарная* Л., в рамках которой решение о истинности принимается голосованием «за» и «против» по большинству «голосов». Развитие идей построения вполне надежных сетей из ненадежных элементов дало мощный толчок к развитию вероятностной Л. и так называемых многозначных и модальных Л. Все эти направления символической Л. составляют заметную часть математической Л., которая, с одной стороны, является разделом собственно математики, а с другой, служит для объяснения основ математики, т. е. является разделом так называемой метаматематики. Если вначале математическая Л. возникла и развивалась как абстрактная математическая дисциплина, то с возникновением кибернетики была показана ее большая прикладная значимость, была практически доказана незавершенность ряда ее разделов, были созданы предпосылки для интенсивного развития других разделов Л.

Логическая функция «И» (*конъюнкция*) — функция *n* логических переменных, принимающая значение единицы в том и только в том случае, когда все логические переменные имеют значение единицы. Если хотя бы одна логическая переменная имеет значение нуль, Л. ф. «И» равняется нулю. Л. ф. «И» называется также логическим произведением. Для двух переменных x и y Л. ф. «И» описывается следующей таблицей:

x	y	xy
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Логическое умножение обозначается одним из следующих способов: xy; $x \wedge y$, $x \& y$; $x \cap y$.

Логическая функция «ИЛИ» *(дизъюнкция)* — функция n логических переменных, принимающая значение единицы, если хотя бы одна из n логических переменных имеет значение единицы. Л. ф. «ИЛИ» равна нулю лишь при условии, что все n логических переменных равны нулю. Л. ф. «ИЛИ» называется также логической суммой. Для двух переменных x и y Л. ф. «ИЛИ» описывается следующей таблицей:

x	y	$x \vee y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Логическое суммирование обозначается одним из следующих способов: $x \vee y$; $x + y$; $x \cup y$.

Логические схемы — схемы устройств автоматики или узлов электронных *цифровых вычислительных машин* (например, *арифметического устройства*, *устройства управления* и др.), в которых отражены только логические связи между *логическими элементами*. В Л. с. не указываются какие бы то ни было технические данные, относящиеся к логическим элементам или к способу их монтажа.

Логические функции — сложные высказывания, составленные из нескольких простых высказываний с помощью логических связок: «и», «или», «не», «если... то» и др. Простые высказывания могут принимать только значения единицы или нуля (истинно или ложно). Сложное высказывание тоже может иметь лишь два значения. Таким образом, число N логических функций от n переменных ограничено. Легко вывести, что $N = 2^{2^n}$. Отсюда следует, что существует $2^{2^1} = 4$ Л. ф. от одной переменной, $2^{2^2} = 16$ Л. ф. двух переменных, $2^{2^3} = 256$ Л. ф. трех переменных и т. д. Из четырех функций одной переменной x (табл. 1) две являются вырожденными: это тождественный нуль и тождественная единица; третья представляет собой тождество и четвертая — инверсию (отрицание).

Таблица 1

$f(x)$	Название логической функции
0	Тождественный нуль
x	Тождество
$\bar{x}$	Отрицание (инверсия)
1	Тождественная единица

Таблица 2

Функция	Название логической функции	Принятые обозначения
f_0	Тождественный нуль	0
f_1	Конъюнкция	xy, $x \& y$
f_2	—	$x\bar{y}$
f_3	—	x
f_4	—	$\bar{x}y$
f_5	—	y
f_6	Неравнозначность, сумма по модулю 2	$x \not\equiv y$, $x \oplus y = x\bar{y} \vee \bar{x}y$
f_7	Дизъюнкция	$x \vee v$
f_8	—	$\bar{x}\bar{y}$
f_9	Равнозначность, равносильность	$x \equiv y$, $xy \vee \bar{x}\bar{y}$
f_{10}	—	$\bar{y}$
f_{11}	Импликация от y к x	$y \to x$, $x \vee \bar{y}$
f_{12}	—	$\bar{x}$
f_{13}	Импликация от x к y	$x \to y$, $\bar{x} \vee y$
f_{14}	Функция Шеффера	$x/y = \bar{x} \vee y$
f_{15}	Тождественная единица	1

Из 16 Л. ф. двух переменных x и y шесть функций оказываются вырожденными: это тождественный нуль, тождественная единица и четыре функции от одной переменной: x, $\overline{x}$, y, $\overline{y}$.

В табл. 2 приведены все 16 Л. ф. от двух переменных. Наиболее часто встречающиеся функции: дизъюнкция, конъюнкция, неравнозначность (сумма по модулю 2). Существуют таблицы, в которых протабулированы функции трех аргументов. Для бо́льшего числа аргументов табулирование становится затруднительным, так как уже при $n = 4$ число функций $N = 2^{16} = 65\ 536$.

Логические элементы — устройства или схемы, реализующие несложные *логические функции* от двух или более аргументов, например *дизъюнкцию* (логическая ячейка «ИЛИ»), *конъюнкцию* (логическая ячейка «И»), инверсию (логическая ячейка «НЕ») и т. п. *Логические схемы* устройств автоматики и вычислительной техники (например, *арифметического устройства* или *устройства управления*) составляются из небольшого числа типов Л. э. Если система логических функций, реализуемых данными Л. э., является полной, тогда на этих Л. э. можно построить любую логическую схему. Например, система логических функций, состоящая из *дизъюнкции*, *конъюнкции* и инверсии (см. *Инвертор*), является полной. *Функция Шеффера* также представляет собой полную систему. Таким образом, на Л. э., который реализует функцию Шеффера, можно построить сколь угодно сложные логические схемы. В вычислительной технике Л. э. строятся на транзисторах, диодах, сопротивлениях, магнитных сердечниках, *твердых схемах*. Еще совсем недавно в Л. э. *цифровых вычислительных машин* использовались электронные лампы. Логические схемы могут строиться также на *пороговых элементах*, таких, как *параметрон*. Работа схем на пороговых элементах описывается соотношениями *мажоритарной логики*.

Логометр — электроизмерительный прибор для измерения отношения токов. Подвижная система Л. состоит из двух жестко связанных между собой катушек, которые могут вращаться в поле постоянного магнита, но в отличие от подвижной системы обычных измерительных приборов не удерживаются в одном определенном положении равновесия спиральными пружинами. Токи, отношение между которыми должно быть измерено, подаются каждый в одну из катушек так, чтобы взаимодействие их с магнитным полем магнита создавало противоположные вращающие моменты. Подвижная система начинает поворачиваться в ту сторону, в которую направлен больший по величине вращающий момент. Конфигурация магнитного поля магнита и расположение катушек в нем выбираются так, что при одновременном повороте катушек вращающий момент, действующий в ту сторону, в которую поворачиваются катушки, уменьшается, а момент, действующий в противоположную сторону, увеличивается. При каком-то определенном положении катушек оба момента становятся равными по величине и наступает равновесие — подвижная система останавливается. Положение, при котором это равновесие наступает, зависит от отношения токов, и каждому определенному значению отношения соответствует свое положение равновесия. Таким образом, прикрепленная к подвижной системе стрелка прямо указывает на шкале Л. отношение токов.

Локализация источника звука — определение на слух направления на источник звука и расстояния до него, обусловленное *бинауральным эффектом*, а при стереофоническом звуковоспроизведении — *стереоэффектом*. В последнем случае все

источники звука локализуются в пределах *базы громкоговорителей*.

Локализация поля — ограничение пространства, в котором распространяются электромагнитные или звуковые волны. Л. п. имеет важное значение для устранения помех, создаваемых данным полем при приеме других сигналов, а также при передаче сигналов, предназначенных только определенному адресату.

Лоренца сила — сила, действующая на электрический заряд, движущийся в электрическом и магнитном полях. На заряд e, неподвижный относительно создающих электрическое поле источников, это поле действует с силой $\vec{F}_e = e\vec{E}$, где E — напряженность поля, а магнитное поле на него не действует. Если же заряд движется, то, помимо силы F_e, на него действует магнитное поле с силой:

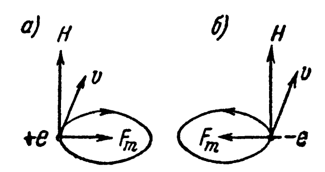
$$\vec{F}_m = e\,[\vec{v}\vec{H}],$$

где $[\vec{v}\vec{H}]$ — векторное произведение скорости $\vec{v}$ движения заряда относительно создающих магнитное поле источников на напряженность магнитного поля H. Таким образом, полная Л. с.

$$\vec{F}_л = \vec{F}_e + \vec{F}_m = e\vec{E} + e\,[\vec{v}\,\vec{H}].$$

Сила F_e в зависимости от знака заряда совпадает по направлению с вектором $\vec{E}$ или противоположна ему, а сила $\vec{F}_m$ направлена перпендикулярно векторам $\vec{v}$ и $\vec{H}$ (векторное произведение перпендикулярно направлениям обоих перемножаемых векторов). При этом сила F_m совпадает по направлению с $[\vec{v}\vec{H}]$ для положительного заряда и направлена навстречу $[\vec{v}\vec{H}]$ для отрицательного заряда. Вследствие перпендикулярности к $\vec{v}$ сила F_m только изменяет направление скорости $\vec{v}$, не изменяя ее величины, т. е. только искривляет траекторию заряда.

Если электрическое поле отсутствует и положительный заряд $+e$ движется со скоростью $\vec{v}$, перпендикулярной направлению однородного магнитного поля (см. рис. *а*), то Л. с. лежит в той же плоскости, в которой движется заряд. По правилу векторного произведения (правилу винта) она направлена все время вправо (если смотреть по направлению скорости). Скорость $\vec{v}$ остается по величине неизменной,



и угол между нею и направлением $\vec{H}$ все время равен 90°. Поэтому величина Л. с. остается постоянной и равна:

$$F_m = evH.$$

Следовательно, ускорение, которое Л. с. сообщает заряду, постоянно по величине и перпендикулярно траектории заряда, т. е. траектория является окружностью. Заряд движется по ней равномерно против часовой стрелки (если смотреть по направлению магнитного поля). В случае отрицательного заряда знак силы F_m изменится на обратный, т. е. она будет направлена влево (см. рис. *б*); заряд $-e$ будет описывать такую же окружность, но в обратном направлении (по часовой стрелке). Радиус окружности r можно определить из формулы центростремительного ускорения:

$$a_c = \frac{v^2}{r}.$$

Но Л. с. сообщает заряду массы m ускорение

$$a = \frac{F_m}{m} = \frac{e}{m} vH;$$

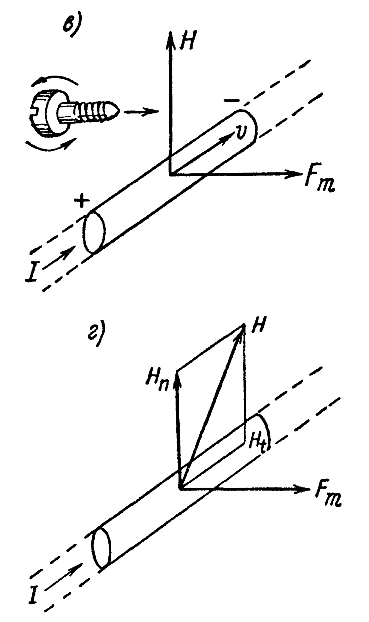
а так как должно быть $a = a_c$, то

$$\frac{e}{m} vH = \frac{v^2}{r},$$

откуда

$$r = \frac{m}{e} \frac{v}{H}.$$

Если скорость заряда не перпендикулярна направлению магнитного поля, то траектория получа-



ется более сложной. В этом случае скорость $\vec{v}$ можно разложить на две составляющих: v_n — перпендикулярную направлению поля и v_t — совпадающую с направлением поля. Но v_t не вызовет появления Л. с., так как $[\vec{v_t}H] = 0$. Следовательно, Л. с. направлена перпендикулярно v_n и определяется только величиной и направлением v_n. Под действием Л. с. v_n изменяется так же, как в предыдущем случае. Кроме того, заряд движется вдоль направления поля с постоянной скоростью v_t. В результате заряд описывает винтовую линию, «навитую» на пучок магнитных силовых линий. В неоднородных магнитных полях траектории движения зарядов имеют еще более сложную форму.

На заряды, движущиеся по проводнику, помещенному в магнитном поле, также действует Л. с. Но она не может заметно искривить их траекторий, так как заряды могут двигаться только вдоль проводника. Поскольку заряды как бы «привязаны» к проводнику, то Л. с. действует на сам проводник. Она направлена перпендикулярно проводнику и равна сумме Л. с., действующих на все заряды, движущиеся в проводнике. Направление силы F_m, действующей на проводник, определяется по правилу винта. Оно совпадает с поступательным движением винта, вращаемого по кратчайшему направлению от $\vec{v}$ к $\vec{H}$ (см. рис. *в*). При этом за направление $\vec{v}$ нужно считать условное направление тока от «+» к «—». Когда ток создается электронами, которые движутся в обратном направлении от «—» к «+», то направление Л. с. не изменится. В самом деле, если изменить знак у скорости $\vec{v}$ и у заряда e, то знак Л. с., изменившись дважды, останется прежним.

Для нахождения силы F_m, действующей со стороны магнитного поля на участок прямолинейного проводника с током, надо Л. с., действующую на один заряд, умножить на общее число зарядов n, участвующих в образовании тока на данном участке провода. В случае, когда проводник перпендикулярен направлению однородного магнитного поля (см. рис. *в*),

$$F_m = nevH,$$

где e — величина отдельного заряда, а v — средняя скорость зарядов. Если длина участка проводника l, а его сечение S, то число зарядов, заключенных в этом уча-

стке проводника,

$$n = NSl,$$

где N — число зарядов, участвующих в образовании тока в единице объема проводника; следовательно,

$$F_m = NevSlH.$$

Учитывая, что *плотность тока* $j = Nev$, а ток в проводнике $I = jS$, окончательно найдем:

$$F_m = IHl.$$

В случае, когда направление проводника не перпендикулярно направлению магнитного поля (см. рис. *г*), вектор H можно разложить на две составляющие: H_n, перпендикулярную проводнику, и H_t, направленную вдоль проводника. Так как при движении зарядов вдоль магнитного поля Л. с. равна нулю, то составляющая H_t не создает силы, действующей на проводник. Поэтому полученное выражение для силы F_m справедливо при любом расположении проводника в магнитном поле, если вместо H брать составляющую напряженности поля H_n, перпендикулярную проводнику.

Лосев Олег Владимирович (1903—1942) — советский радиолюбитель-изобретатель, затем ученый-физик. Родился в г. Твери (ныне г. Калинин), где познакомился с В. К. Лебединским. С 1920 г., по окончании средней школы, работал в Нижегородской радиолаборатории. Л. приобрел мировую известность благодаря тому, что обнаружил в детекторе из цинкита со стальным острием способность самовозбуждать в радиотехнических контурах незатухающие колебания. Этот принцип лег в основу безлампового радиоприемника, имеющего свойства лампового, — его назвали кристадином. Л. прославился также исследованием электропроводности тонких последовательных слоев кристаллов, что послужило обоснованием теории запорного слоя в современной теории полупроводников. Схемы и исследования Л. опубликованы в журнале «Телеграфия и телефония без проводов».

В Нижегородской радиолаборатории Л. работал до 1928 г., а затем вместе с другими ее сотрудниками переехал в Ленинград, где ему в 1938 г. была присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук, после чего он стал преподавать физику в Первом медицинском институте. Умер Л. во время блокады Ленинграда. Л. — автор многих изобретений. Последней его работой была конструкция простого прибора для обнаружения металлических предметов в ранах.

Лучевой тетрод — четырехэлектродная электронная лампа, применяемая в выходных каскадах усилителей низкой частоты и в генераторах. Предназначенный для тех же целей, что *пентод*, Л. т. отличается от него отсутствием защитной сетки. *Динатронный эффект* в Л. т. почти полностью ликвидирован благодаря особой форме и расположению сеток, а также применению специальных экранов, соединенных с катодом.

Любительская радиосвязь — связь, осуществляемая телеграфом и телефоном в *радиолюбительских диапазонах* на коротких и ультракоротких волнах. Этот вид радиолюбительского спорта получил широкое распространение. Для повышения мастерства советских коротковолновиков и ультракоротковолновиков ЦК ДОСААФ проводит различные соревнования радиоспортсменов и ежегодный чемпионат коротковолновиков, по результатам которых присуждаются звания чемпионов. Чемпионы и рекордсмены страны награждаются Золотыми медалями. Проводятся также международные соревнования советских и зарубежных радиоспортсменов. Большое значение для развития Л. р. имеет введение *разрядных норм и требований по радиоспорту*.

Любительские телевизионные центры — небольшие телевизионные передатчики, строившиеся силами радиолюбителей, в основном для передачи кинофильмов. Строительство Л. т. ц., начатое по инициативе редакции журнала «Радио», было впервые осуществлено группой харьковских радиолюбителей. Им была присуждена первая премия Министерства связи на 9-й Всесоюзной выставке радиолюбительского творчества в 1951 г. Описание Харьковского Л. т. ц., вышедшее отдельной брошюрой, помогло радиолюбителям во многих городах построить свои Л. т. ц., которые способствовали пропаганде телевидения и позволили начать телевизионные передачи значительно ранее намеченных планом сроков. Л. т. ц. сооружены в Архангельске, Воронеже, Владивостоке, Горьком, Казани, Каунасе, Одессе, Омске, Риге, Саранске, Свердловске, Симферополе, Томске, Уфе, Харькове и других городах. Их постройка привлекла внимание общественности, партийных и советских организаций и ускорила в ряде городов строительство государственных телевизионных центров.

Люкс *(лк)* — единица *освещенности*, когда на 1 $м^2$ равномерно падает *световой поток* в один *люмен*.

Люксембургско-Горьковский эффект — особые помехи радиоприему, заключающиеся в том, что при приеме какой-нибудь дальней радиостанции прослушиваются сигналы другой, мощной станции, работающей на иной волне. При этом, если принимаемая станция (на которую настроен приемник) прекращает работу, то мешающая станция также перестает быть слышимой. Подобные помехи наблюдаются только от тех мощных станций, которые находятся примерно на пути между принимаемой и принимающей станциями. Л. э. обусловлен тем, что волны мешающей станции модулируют волны принимаемой. Такая *перекрестная модуляция* возникает при распространении принимаемой волны в ионосфере над мешающей мощной станцией, где эта последняя создает очень сильное электромагнитное поле. Такие «накладки» были впервые обнаружены от Люксембургской радиовещательной станции, а в г. Горьком они наблюдались со стороны мощных московских радиостанций при приеме радиостанций, находящихся на западе от Москвы.

Люмен *(лм)* — единица *светового потока*. Один люмен соответствует световому потоку, равномерно излучаемому источником света в одну *свечу* (*св*) в пределах единичного телесного угла — одного стерадиана.

Люминесценция — свечение тела, имеющее нетепловое происхождение (см. *Электромагнитное излучение*). Л. в газах и парах происходит под влиянием проходящего через них тока (газосветные лампы и трубки). Л., возникающая под воздействием падающего света, называется фотолюминесценцией, Л., возбужденная электронной бомбардировкой, — *катодолюминесценцией,* а Л., возбужденная переменным электрическим полем, — *электролюминесценцией*. Последняя широко применяется в различных индикаторах. Для всех видов Л. характерно *послесвечение*. Возбужденные атомы *люминофоров* высвечиваются не мгновенно. Часть их может находиться в возбужденном состоянии весьма долго; этим объясняется различное время послесвечения — от 10^{-10} до 10^4 *сек*.

Люминофоры — вещества, способные к *люминесценции* под действием света, рентгеновских лучей, γ-лучей, катодных лучей и других излучений.

М

Мавометр — сокращенное название миллиампервольтметра, т. е. электроизмерительного прибора,

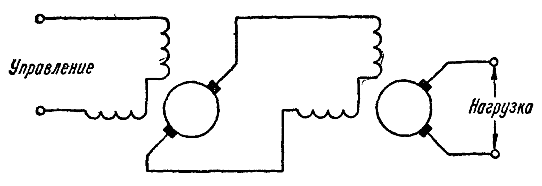
снабженного шунтами и добавочными сопротивлениями, что позволяет применять его в качестве миллиамперметра, амперметра и вольтметра.

Магазин емкостей — набор конденсаторов различной, точно известной емкости, смонтированных в одном блоке. Включая параллельно несколько конденсаторов М. е., подбирают емкость, необходимую для тех или иных измерений.

Магазин сопротивлений — набор электрических сопротивлений различной, точно известной величины, смонтированных в одном блоке. Включая последовательно один или несколько сопротивлений М. с., подбирают сопротивление, необходимое для тех или иных измерений.

«Магический глаз» — см. *Оптический индикатор настройки.*

Магнавольт — двухколлекторный *электромашинный усилитель* с двумя обмотками якоря, каждая из которых соединена со своим коллектором при общей магнитной



системе. Каждая якорная обмотка имеет собственную систему возбуждения с различными числами пар полюсов при отношении их 1:2. Принципиальная схема М. приведена на рис. Из схемы следует, что М. является двухкаскадным усилителем. Обмотки возбуждения расположены на общих полюсах, но не влияют друг на друга, так как между ними нет взаимной индуктивности. Кроме того, поле одной обмотки возбуждения наводит э. д. с. только в одной обмотке якоря. Действие М. такое же, как если бы каждая магнитная система отдельной ступени была независимой. Применение раздельных обмоток якоря для первого и второго каскадов благоприятно сказывается на коммутации и динамических свойствах М.

Магнесинная система дистанционной передачи —*система синхронной связи*, использующая приборы, называемые магнесинами (см.

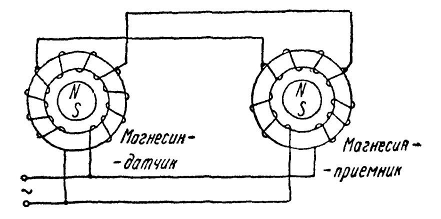
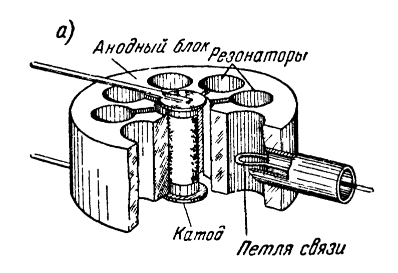


рис.). Конструкции магнесина-приемника и магнесина-датчика одинаковы и могут различаться лишь размерами. Статор магнесина представляет собой кольцо из пермаллоевых шайб, на котором расположена равномерно распределенная обмотка возбуждения. Начало и конец обмотки возбуждения размещены рядом и к ним подводится питающее напряжение от сети переменного тока. Под действием переменного тока в кольце возникает переменный магнитный поток той же частоты. Ротором магнесина служит цилиндрический постоянный магнит, намагниченный по диаметру. Постоянный магнитный поток ротора разделяется на две части, замыкающиеся по левой и правой половинам кольца. Дважды за период переменного напряжения возрастает магнитное сопротивление сердечника, уменьшая соответственно поток от постоянного магнита. Постоянный магнит-ротор становится источником переменного (пульсирующего) магнитного потока, изменяющегося с двойной частотой. Поток двойной частоты на-

правлен так же, как и вызвавшее его постоянное магнитное поле, т. е. по диаметру магнита. Следовательно, при повороте ротора изменяется и направление пульсирующего потока двойной частоты. Поэтому магнесины могут быть уподоблены сельсинам, питаемым напряжением двойной частоты. Обмотки возбуждения магнесина-датчика и магнесина-приемника разделены на три равные секции каждая, причем одинаково расположенные точки секций датчика и приемника соединены попарно. Потенциалы точек статора, создаваемые напряжением одной частоты, не зависят от положения ротора. Потенциалы этих точек по напряжению двойной частоты определяются положением роторов таким же образом, как и у обычных сельсинов. Если роторы магнесинов рассогласованы, то в соединительных проводах возникают уравнительные токи двойной частоты. Эти токи вызывают появление синхронизирующего момента, как и у обычной системы синхронной связи с сельсинами.

Магнетрон — электронный прибор для генерации колебаний сверхвысоких частот, в котором для создания нужных траекторий электронов служит постоянное магнитное поле. Многорезонаторный М., идея которого была впервые предложена М. А. Бонч-Бруевичем и осуществлена Д. Е. Маляровым и Н Ф. Алексеевым, представляет собой сочетание электронной лампы с *объемными резонаторами*

Анод многорезонаторного М. представляет собой массивный полый цилиндр, внутри которого сделан ряд камер со щелями (см. рис. *а*); эти камеры и являются объемными резонаторами. Катод расположен по оси цилиндра В одном из резонаторов М. находится петля связи, служащая для вывода высокочастотных колебаний; М. помещается в постоянное магнитное поле, направленное вдоль оси анода. Под действием магнитного поля вылетающие из катода электроны искривляют свой путь (см. *Лоренца сила*). Напряженность магнитного поля подбирается так, чтобы большинство электронов двигалось по траекториям, почти касающимся анода.

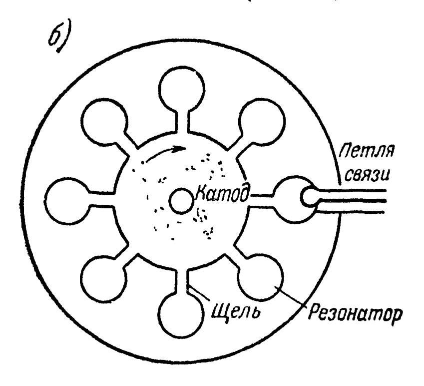


Если в резонаторах М. возникли слабые электрические колебания (малые колебания в объемных резонаторах неизбежно возникают в результате *электрических флуктуаций)*, то около щелей существуют переменные электрические поля. Электроны, пролетая в этих полях, в зависимости от их направления либо ускоряются, либо тормозятся. Когда электроны ускоряются полем, то они отбирают энергию от резонаторов, а когда электроны тормозятся, то отдают часть своей энергии резонаторам. Если бы число электронов, которые ускоряются и тормозятся, было одинаково, то в среднем они не отдавали бы резонаторам энергии. Но электроны, которые ускоряются, приобретают бо́льшую скорость, чем это нужно для их возврата к катоду. Следовательно, электроны, которые ускоряются полем первого же резонатора, вернутся на катод. А электроны, которые тормозятся, имеют меньшую скорость, чем та, которая необходима для преодоления электрического поля между катодом и анодом и возвращения к катоду.

Поэтому испытавшие торможение электроны двигаются по криволинейным путям около анода

и попадают в поле следующих резонаторов. При соответствующей скорости движения, которая определенным образом связана с частотой колебаний в резонаторах, эти электроны попадают в поле второго резонатора при той же фазе колебаний в нем, что и в первом резонаторе. В поле второго резонатора они также будут тормозиться.

Таким образом, при соответствующем подборе скорости электронов, т. е. анодного напряжения и магнитного поля (влияющего на

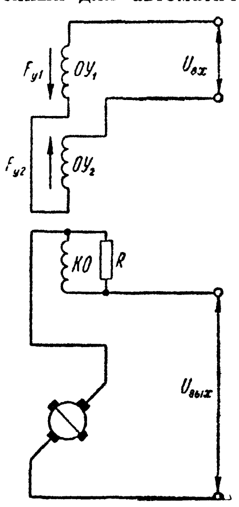


направление скорости), можно добиться того, что одни электроны ускоряются полем только одного резонатора, а другие — тормозятся полем нескольких резонаторов. Тогда в среднем электроны отдают резонаторам больше энергии, чем забирают от них, и колебания в резонаторах нарастают. В конце концов в них установятся колебания с постоянной амплитудой.

Процесс поддержания колебаний в резонаторах сопровождается еще одним важным явлением. Так как электроны для торможения должны влетать в поле резонатора при определенной фазе его колебаний, то они должны двигаться не равномерным потоком, а в виде отдельных сгустков. Тогда весь поток электронов будет представлять собой как бы звезду (см. рис. *б*), внутри которой электроны движутся по искривленным траекториям и которая в целом вращается вокруг оси М. с такой скоростью, что ее лучи в нужные моменты подходят к щелям. Образование отдельных сгустков в электронном потоке называется фазовой фокусировкой и осуществляется автоматически под действием переменного поля резонаторов.

Современные М. способны создавать колебания вплоть до самых высоких частот, соответствующих миллиметровым волнам, и отдавать мощности до сотен ватт в режиме непрерывной работы и до тысяч киловатт в импульсе при *импульсном режиме*.

Магникон — вращающийся электромашинный усилитель, предназначенный для автоматического



регулирования напряжения или частоты небольших генераторов. Принципиальная схема соединения обмоток М. приведена на рис. Его обмотки управления $ОУ_1$ и $ОУ_2$, расположенные на полюсах продольной оси, включены последовательно. Компенсационная обмотка *КО* включена в цепь якоря выходной ступени. Магнитная цепь М.

не насыщена, поэтому небольшое изменение мощности в обмотке управления вызывает относительно большое изменение отдаваемой мощности. Так как М. применяется, главным образом, как возбудитель-регулятор, поддерживающий неизменным напряжение генераторов постоянного или переменного тока, то в нем предусмотрена такая система регулирования, при которой магнитный поток постоянной величины и направления, создаваемый одной обмоткой, сравнивается с потоком другой обмотки управления, зависящим от величины напряжения на выходе генератора. Любое малое различие между этими потоками должно быть достаточным для того, чтобы создавать мощность на выходе М. как регулятора, необходимую для поддержания регулируемого напряжения в заданных границах. Это достигается благодаря тому, что потоки обмоток управления направлены навстречу друг другу.

Магнитная восприимчивость — количественная характеристика способности веществ к магнитной поляризации. Величина J магнитной индукции в веществе, возникающей в результате его поляризации, пропорциональна магнитной индукции $\mu_0 H$, создаваемой внешним намагничивающим полем H (μ_0 — магнитная проницаемость вакуума в системе *СИ*), т. е.

$$J = \varkappa \mu_0 H,$$

где $\varkappa$ — М.в. (Величина J называется также намагничением вещества) Если возникающее в результате магнитной поляризации внутреннее поле направлено в ту же сторону, что и внешнее намагничивающее поле (в парамагнитных и ферромагнитных телах), то $\varkappa > 0$. Если возникающее внутреннее магнитное поле направлено навстречу намагничивающему полю (в диамагнетиках), то $\varkappa < 0$. При этом в диамагнитных и парамагнитных телах $\varkappa$ по абсолютной величине много меньше единицы (т. е. внутреннее поле мало по сравнению с внешним намагничивающим полем), а в ферромагнитных телах (в которых внутреннее поле во много раз превышает внешнее намагничивающее поле) $\varkappa$ может достигать значительной величины, порядка нескольких сотен.

Магнитная запись звука — система записи электрических сигналов в диапазоне *звуковых частот* на ферромагнитную движущуюся ленту (*сигналоноситель*). М. з. з. основана на свойстве ферромагнитных материалов намагничиваться при воздействии на них магнитного поля и сохранять остаточное намагничивание после выхода из этого поля. Одним из важных преимуществ магнитной записи является большая оперативность, т. е. возможность воспроизведения записанного сигнала как непосредственно после записи, без какой-либо обработки сигналоносителя (что существенно, например, для немедленного контроля качества записи), так и через любой промежуток времени. Кроме того, магнитная запись позволяет стереть ненужную запись и повторно использовать сигналоноситель. Аппарат, на котором производится М. з. з. и воспроизведение записи, называется *магнитофоном*.

В настоящее время применяется самая разнообразная аппаратура магнитной записи, которую можно разделить на две основные группы:

I. Магнитофоны, предназначенные для записи звуковых программ, к которым относятся:

а) стационарные магнитофоны с высокими качественными показателями, применяемые в системах *вещания* и *звукового кино* для одноканальной и двухканальной (стереофонической) записи, а также специальные магнитофоны, применяемые в системах искусственной *реверберации* и *амбиофонических системах*;

б) передвижные магнитофоны упрощенной конструкции с несколько пониженными качественными показателями — любительские магнитофоны, магнитофоны для записи телефонных сообщений при отсутствии вызываемого абонента, диктофоны для записи выступлений с последующим отпечатыванием текста на пишущей машинке, «говорящие книги» для слепых с длительностью записи в несколько часов, магнитофоны для любительских кинофильмов с приводом от кинопроектора;

в) малогабаритные магнитофоны для записи речи, в том числе карманные магнитофоны с пружинным мотором.

II. Различная аппаратура для записи электрических сигналов, частотный диапазон которых существенно отличается от диапазона звуковых частот:

а) аппараты магнитной записи сигналов как черно-белого, так и цветного телевидения; аппараты, осуществляющие возможность «проявления», т. е. получения на магнитном сигналоносителе видимого изображения;

б) аппараты для записи неподвижных изображений, применяемые в фототелеграфе:

в) аппараты для записи сигналов инфразвукового и ультразвукового диапазона частот, применяемые для регистрации вибрационных процессов;

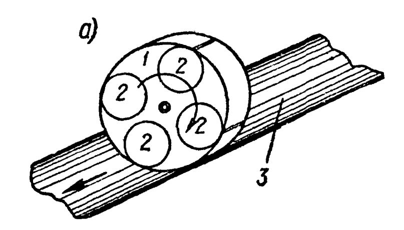
г) аппараты для записи кодированных программ, применяемые в вычислительной технике и при программном управлении производственными процессами.

Магнитная запись телевизионных сигналов — консервация телевизионных программ путем создания вдоль движущейся ферромагнитной ленты остаточного переменного намагничивания (по амплитуде, частоте и фазе), соответствующего электрическим сигналам телевизионной передачи. Консервация телевизионных программ возможна также методом киносъемки. Большой расход кинопленки, высокие требования, предъявляемые к ней, сложность фотообработки и аппаратуры являются основными недостатками этого метода. Применение М. з. т. с. позволяет многократно использовать магнитную ленту (стирая ненужные записи), снижает эксплуатационные расходы и повышает оперативность метода.

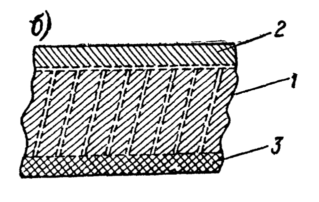
Частота сигналов телевизионной передачи движущихся изображений доходит до 3—5 *Мгц*, что превышает верхние частоты звукового диапазона приблизительно в 300 раз. Помимо особых требований, предъявляемых к звуконосителю и материалу сердечника записывающей и воспроизводящей головок, магнитная запись столь высоких частот затруднена тем, что качество ее зависит от отношения длины волны записи (λ) к ширине щели (δ) записывающей и воспроизводящей головок. Это отношение при самой высокой частоте записываемого сигнала должно быть больше единицы (обычно порядка двух). Так как $\lambda = v/f$ (v — скорость движения магнитной ленты, f — верхняя частота записываемого сигнала), ориентировочно получим: $\frac{\lambda}{\delta} = \frac{v}{f\delta} \approx 2$. Приняв $f = 5 \cdot 10^6$ *гц*, имеем даже при предельно малых зазорах ($\delta = 1$ *мк*): $v = 10$ *м/сек*. Запись при столь большой скорости движения магнитной ленты вызывает затруднения. Заметим, что при записи телевизионных сигналов изменение скорости v на сотые доли процента приводит к недопустимым искажениям изображения при воспроизведении.

Одна из систем М. з. т. с. основана на применении четырех головок, смонтированных на поверхности барабана *1* (см. рис. *а*), вращающегося с большой скоростью. Головки *2* поочередно соприкасаются с широкой магнитной лентой *3*, которая продвигается со скоростью, применяемой при записи звуковых

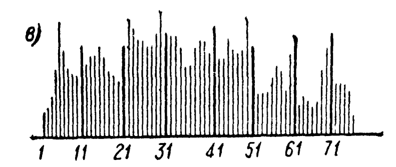
частот. В тот момент, когда одна из головок доходит до края ленты, очередная головка приходит в соприкосновение с лентой, осуществляя запись следующей строки и



т. д. Благодаря быстрому вращению головок достигается большая скорость их движения относительно ленты, т. е. большая скорость записи. За счет поступательного движения ленты телевизионный сигнал записывается на отдельных строках *1*, расположенных поперек ленты (поперечно-строчная запись — см. рис. *б*). На краю ленты *2* дополнительно записываются сигналы звукового сопровождения, а на краю *3* — сигналы, используемые при воспроизведении для автоматического управления воспроизводящим устройством.



Ряд других систем М. з. т. с. основан на понижении частоты записываемого сигнала, что, например, достигается путем импульсного разделения сигнала. Телевизионный сигнал модулирует по высоте ряд импульсов (см. рис. *в*). Модулированные импульсы записываются на десяти строках, расположенных вдоль широкой ленты (продольно-строчная запись). На первой строке записываются только 1-й, 11-й, 21-й,... импульсы (отмеченные на рис. *в*), на второй строке — импульсы 2-й, 12-й, 22-й,... Этим достигается понижение частот сигналов, записываемых на каждой строке, так как частота следования импульсов, записываемых на каждой строке, уменьшается в десять раз. Воспроизводящее устройство имеет десять головок, которые воспроизводят запись на каждой строке. Если



эти головки включать поочередно, причем моменты включения точно согласовать с моментами подачи импульсов при записи, то на выходе воспроизводящего устройства получится правильная последовательность всех записанных импульсов, по которым можно восстановить весь первоначальный сигнал.

Скорость движения ленты при записи и воспроизведении может быть снижена в десять раз по сравнению с той, которая необходима для непосредственной записи первоначального сигнала на одну дорожку.

(См. *Магнитная система звукозаписи*, *Магнитофон*, *Сигналоноситель*).

Магнитная индукция — количественная характеристика магнитного поля в намагничивающемся веществе. Действующее на это вещество внешнее магнитное поле вызывает *магнитную поляризацию* вещества, вследствие чего в нем возникает внутреннее поле. В парамагнитных и ферромагнитных телах направления этих двух полей совпадают. Если напряженность внешнего намагничивающего поля равна H, то создаваемая им магнитная индукция в вакууме равна $\mu_0 H$, где μ_0 — магнитная проницаемость ва-

куума (в системе СИ не равная единице). Магнитная индукция, создаваемая внутренним полем,

$$J = \varkappa\mu_0 H,$$

где $\varkappa$ — *магнитная восприимчивость вещества*.

Результирующая индукция в веществе

$$B = \mu_0 H + \varkappa\mu_0 H = (1 + \varkappa)\,\mu_0 H,$$

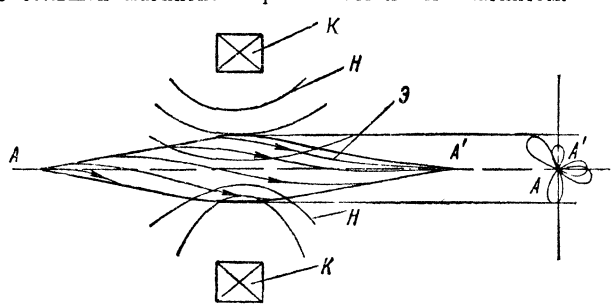
где $(1 + \varkappa)\,\mu_0 = \mu$ — *магнитная проницаемость* вещества относительно вакуума (безразмерная величина, в парамагнитных и ферромагнитных телах превышающая единицу).

Применение ферромагнитных веществ с большой магнитной проницаемостью позволяет при небольшой напряженности намагничивающего поля H получить большую М. и. B. Именно с этой целью применяются стальные сердечники, например, в трансформаторах. В ферромагнитных материалах увеличение М. и. ограничивается *магнитным насыщением*. Поэтому важной характеристикой ферромагнитных материалов является то значение М. и., при котором начинается насыщение магнетика.

Внутреннее поле намагниченного тела может влиять на напряженность магнитного поля и вне этого тела. Например, если в замкнутом намагниченном стальном сердечнике сделана тонкая поперечная щель (зазор), то внутреннее поле сердечника полностью проникает в щель. Магнитная индукция в таком зазоре гораздо больше, чем магнитная индукция, создаваемая намагничивающим полем, и примерно равна М. и. в сердечнике.

Магнитная лента — см. *Сигналоноситель*.

Магнитная линза — магнитное поле, обладающее осевой симметрией и действующее на электронные пучки как собирательная (положительная) линза в оптике. М. л. создается катушкой, питаемой постоянным током, или кольцеобразным постоянным магнитом.



К — сечение фокусирующей катушки; *А* — источник электронных лучей; *А'* — электронное изображение источника *А*; *Н* — магнитные силовые линии поля катушки; *Э* — траектории электронов.

Фокусирующее действие М. л. поясняется рисунком. Электроны, вылетающие из одной точки *А* под различными (небольшими) углами к оси *АА'*, закручиваются магнитным полем. Проекции траекторий электронов на плоскость, перпендикулярную оси *АА'*, имеют характер «лепестков», показанных на рис. справа. Время оборота электрона в магнитном поле не зависит от его скорости. Поэтому все «лепестки» обходятся за одинаковое время и расстояния *АА'* для всех электронов, не слишком удаляющихся от оси и движущихся с одинаковой скоростью вдоль оси, ока-

зываются одинаковыми. Фокусное расстояние М. л. легко регулируется изменением тока в катушке.

М. л. способны фокусировать целые *электронные изображения*. М. л. широко применяются в *электронно-лучевых трубках*, *электронно-оптических преобразователях* и *усилителях*, в *электронных микроскопах* и т. д.

Магнитная поляризация — возникновение собственного магнитного поля в веществе под действием внешнего (намагничивающего) поля. М. п. возникает следующим образом. Электроны, движущиеся вокруг ядер атомов вещества, представляют собой элементарные электрические токи, создающие магнитные поля. В отсутствие внешнего магнитного поля эти токи и их магнитные поля расположены беспорядочно. Поэтому результирующее магнитное поле элементарных токов данного тела равно нулю. Во многих веществах под действием внешнего магнитного поля элементарные токи поворачиваются так, что их магнитное поле совпадает по направлению с внешним полем. Такие вещества называются парамагнитными. В других веществах под действием внешнего поля ориентировки элементарных токов не происходит, а появляются добавочные элементарные токи, магнитное поле которых направлено навстречу внешнему полю; эти вещества называются диамагнитными.

Когда элементарные токи устанавливаются в одном направлении, то их магнитные поля складываются и создают собственное (внутреннее) магнитное поле намагниченного вещества. В парамагнитных телах это внутреннее поле совпадает по направлению с внешним намагничивающим полем, и результирующее поле усиливается. Однако под действием внешнего поля не все элементарные токи ориентируются сразу, так как этому мешает тепловое движение атомов. По мере увеличения напряженности внешнего поля все большее число элементарных токов получает правильную ориентировку, и внутреннее поле становится сильнее.

Связь между М. п. вещества и напряженностью внешнего магнитного поля характеризуется *магнитной восприимчивостью* вещества, которая тем больше, чем легче ориентируются элементарные токи под действием внешнего поля. Ферромагнетики (железо, сталь, кобальт, никель, различные специальные сплавы, некоторые магнитодиэлектрики, которые обладают большой магнитной восприимчивостью. В них результирующее магнитное поле может быть во много раз (в некоторых веществах в тысячи раз) сильнее внешнего намагничивающего поля. В парамагнитных веществах результирующее поле лишь очень немного превышает намагничивающее внешнее поле; в диамагнитных веществах оно также очень мало отличается от намагничивающего, но так как внутреннее поле направлено навстречу намагничивающему полю, то результирующее поле слабее намагничивающего.

Магнитная проницаемость (μ) — величина, показывающая, во сколько раз *магнитная индукция* B в намагниченном веществе больше магнитной индукции, создаваемой внешним намагничивающим полем в вакууме. Соотношение между магнитной индукцией B в намагниченном веществе и напряженностью намагничивающего поля H в вакууме, помимо М. п. вещества, зависит еще от М. п. вакуума μ_0.

В абсолютной магнитной системе единиц (СГСМ) М. п. вакуума $\mu_0 = 1$, и поэтому

$$B = \mu H.$$

В системе СИ М. п. вакуума $\mu_0 \neq 1$ и является размерной величиной. Поэтому

$$B = \mu\mu_0 H.$$

Таким образом, μ есть отношение М. п. вещества к М. п. вакуума, т. е. представляет собой относительную М. п. — величину безразмерную и не зависящую от выбора системы единиц. Величина μ связана с *магнитной восприимчивостью* κ соотношением

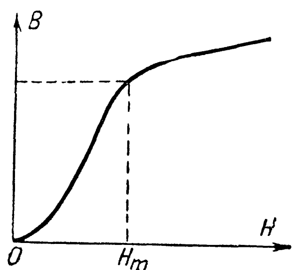
$$\mu = 1 + \varkappa.$$

Для парамагнитных и диамагнитных тел, для которых κ имеет разные знаки, но мало по сравнению с единицей, μ мало отличается от единицы, причем $\mu > 1$ для парамагнитных и $\mu < 1$ для диамагнитных тел. Для ферромагнитных тел величина μ может достигать нескольких тысяч и даже десятков тысяч. Однако в достаточно сильном намагничивающем поле рост магнитной индукции при дальнейшем усилении намагничивающего поля резко замедляется и М. п. резко падает (см. *Магнитное насыщение*).

Магнитная фокусировка — фокусировка электронных лучей с помощью магнитных полей (см. *Магнитная линза*).

Магнитная цепь — часть пространства, заполненная *ферромагнитным материалом* и образующая пути, по которым проходят *силовые линии магнитного поля*. Законы разветвления *магнитного потока* по отдельным участкам М. ц. аналогичны законам разветвления электрических токов. По аналогии с электрическим сопротивлением можно ввести понятие о магнитном сопротивлении отдельных участков или всей М. ц. Чем короче участок, чем больше площадь его поперечного сечения и чем больше *магнитная проницаемость* заполняющего участок вещества, тем меньше его магнитное сопротивление.

Магнитное насыщение — резкое уменьшение роста *магнитной индукции* в ферромагнитных телах при увеличении напряженности намагничивающего поля H, начиная от некоторого его значения H_m (см. рис.). При М. н. *магнитная поляризация* в теле достигает предельного значения, т. е. правильную ориентацию, совпадающую с направлением намагничивающего поля, приобретают практически все элементарные токи, и поэтому дальнейшее увеличение намагничивающего поля не вызывает усиления внутреннего магнитного поля. М. н. в магнитных цепях приводит

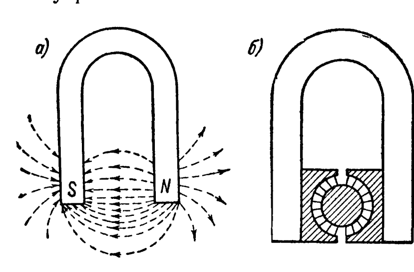


к нарушению пропорциональности между током в намагничивающей обмотке и магнитной индукцией в сердечнике и как следствие этого — к искажению формы тока в намагничивающей обмотке.

Магнитное отклонение — см. *Отклоняющие системы.*

Магнитное поле — поле, создаваемое постоянными магнитами или электрическими токами (см. *Магнитное поле тока*). Как всякое поле, М. п. представляет собой форму материи, передающую действия от одних тел к другим. Например, на свободно вращающуюся магнитную стрелку, помещенную в М. п., действует сила, которая поворачивает стрелку в определенном направлении. Свободно подвешенная магнитная стрелка показывает направление М. п. в данном месте. М. п. в каждой точке направлено туда, куда смотрит северный полюс стрелки. Если вообразить много маленьких магнитных стрелок, то они в М. п. расположатся по линиям, называемым магнитными силовыми линиями и показывающим направление

М. п. в каждой точке. На рис. *а* изображены силовые линии внешнего М. п. подковообразного магнита; они идут от северного полюса магнита к южному. Следует иметь в виду, что М. п. существует и внутри магнита.



Количественной характеристикой М. п. является *напряженность магнитного поля*; это вектор, направление которого совпадает с направлением М. п., а величина определяется густотой магнитных силовых линий, т. е. числом линий (в некотором условном масштабе), проходящих через единицу площади, перпендикулярной направлению линий. Магнитные силовые линии гуще всего расположены у полюсов магнита, где напряженность поля наибольшая, а при удалении от полюсов она убывает.

Если напряженность М. п. во всех его точках одинакова, то поле называется однородным, в противном случае — неоднородным. Невозможно создать однородное М. п. во всем пространстве, окружающем магнит, но в отдельных местах этого удается достигнуть, что часто бывает важно при работе различных приборов. Для этой цели, например, наконечникам магнита придается специальная форма и между ними помещается стальной цилиндр (см. рис. *б*). Такая конструкция применяется в *магнитоэлектрических измерительных приборах*, *электродинамических громкоговорителях*, электрических машинах и т. д.

Действие М. п. на магнитную стрелку является только частным случаем действия поля на любые ферромагнитные тела — как обладающие *остаточным магнетизмом*, так и не обладающие им. Если тело имеет продолговатую форму, то М. п. стремится повернуть его, так же как и стрелку, вдоль поля. Кроме того, ферромагнитные тела втягиваются в те области, где М. п. сильнее. Поэтому, например, постоянный магнит притягивает железные опилки к своим полюсам, где М. п. сильнее.

Действие М. п. на ферромагнитные тела обусловлено его влиянием на элементарные токи в теле (см. *Магнитная поляризация*). Внешнее М. п. создает в теле магнитную поляризацию, элементарные токи в нем приобретают ориентировку по полю и действующие на них со стороны М. п. силы оказываются направленными в одну сторону. Равнодействующая этих сил и есть сила действия М. п. на ферромагнитное тело.

Так как М. п. может перемещать ферромагнитные тела, что связано с совершением работы, то оно обладает некоторой энергией, распределенной в пространстве, занимаемом М. п.

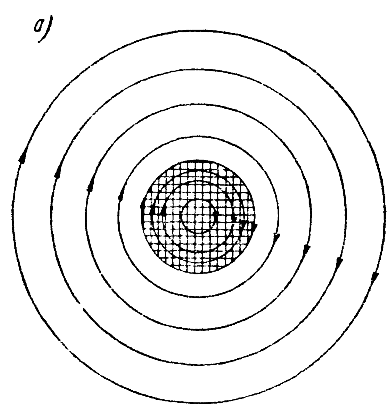
Магнитное поле тока — *магнитное поле*, возбуждаемое электрическим током. Напряженность его пропорциональна создающему поле току. Конфигурация М. п. т. (расположение силовых линий) зависит от формы проводника, по которому течет ток. У прямолинейного проводника магнитные силовые линии представляют собой концентрические окружности, центры которых совпадают с осью проводника и лежат в плоскости, перпендикулярной его оси (см. рис. *а*). Их направление совпадает с направлением, в котором нужно вращать винт, чтобы он двигался поступательно по направлению тока (см. рис. *б*).

Напряженность магнитного поля в какой-либо точке вне прямоли-

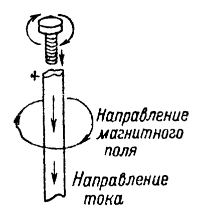
нейного проводника

$$H = \frac{I}{2\pi r},$$

где I — ток, текущий по проводнику; r — расстояние от данной

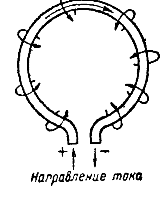


точки до оси проводника. Вследствие того, что напряженность магнитного поля, создаваемого током, текущим по прямолинейному проводнику, убывает при увеличении r, густота силовых линий также убывает с ростом r.



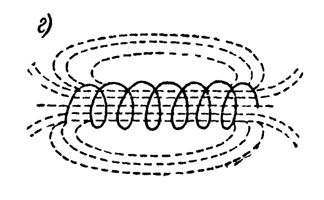
Наоборот, напряженность М. п.т. внутри проводника растет от оси проводника к его поверхности. Это легко объяснить, мысленно разделив весь проводник на вплотную вложенные друг в друга трубки и учитывая, что ток, текущий по трубке, создает магнитное поле только вне этой трубки Поскольку напряженность М. п. т. внутри проводника растет от оси проводника к его поверхности, то густота магнитных силовых линий возрастает по мере приближения к поверхности проводника как снаружи, так и изнутри проводника (на рис. *а* сечение проводника заштриховано).

У витка с током магнитные силовые линии входят в плоскость витка с одной стороны и выходят с другой (см. рис. *в*). Их направление определяется тем же правилом винта. В катушке токи отдельных витков текут в одну и ту же сторону; поэтому М. п. т. всех витков направлены одинаково и складываются. Внутри катушки создается более сильное М. п. т., и его напряженность при данном токе тем больше, чем большее число витков уложено на единице длины катушки. Направление М. п. т. внутри катушки определяется также правилом винта.



Если длина катушки во много раз больше ее диаметра и витки на ней расположены достаточно густо, то почти все магнитные силовые линии проходят внутри всей катушки. При этом внутри катушки силовые линии расположены очень густо; наоборот, снаружи они захватывают большое пространство и поэтому расположены редко (см. рис. *г*); это означает, что М. п. т. внутри катушки гораздо сильнее, чем снаружи. Практически у длинных катушек М. п. т. существует только внутри катушки и у самых ее концов, а во всем остальном пространстве оно отсутствует. При этом М. п. т. внутри катушки почти однородно и напряженность его тем больше, чем больше витков

приходится на единицу длины катушки. Для получения более сильного М. п. т. часто укладывают витки в несколько слоев (многослойные катушки). Напряженность магнитного поля H внутри катушки определяется силой тока I, текущего в катушке, и общим числом



витков n (во всех слоях), приходящихся на единицу длины:

$$H = nI.$$

М. п. т., как всякое магнитное поле, обладает энергией, и, следовательно, при возникновении тока должна затрачиваться работа на создание М. п. т. Такая же работа совершается при прекращении тока за счет энергии исчезающего вместе с ним М. п. т. Эти превращения энергии играют принципиальную роль во всех явлениях электромагнитной индукции (подробнее см. *Энергия электрического тока*).

Магнитное рассеяние — ответвление части *магнитного поля* из *магнитной цепи* в окружающее пространство. Например, в трансформаторе со стальным сердечником часть магнитных силовых линий, созданных током первичной обмотки, выходит из сердечника и замыкается вне его. Эта часть магнитного поля не пронизывает витков вторичной обмотки и поэтому не участвует в создании э. д. с. вторичной обмотки.

Магнитные пленки (тонкие) — сплошные ферромагнетики, имеющие такую толщину, при которой проявляются одна или несколько аномалий магнитных свойств по сравнению со свойствами массивных ферромагнетиков того же химического состава. Тонкие М. п. изготавливаются методами осаждения ферромагнитного материала на изолирующую подложку или на металлическую подложку с предварительно нанесенным изоляционным слоем. Осаждение может производиться: 1) из газообразной среды; 2) из плазмы; 3) из электролита; 4) путем термического испарения и напыления в вакууме. Наибольшее применение нашли два последних метода. Обычно пленку металлического ферромагнетика можно считать тонкой, если ее толщина меньше одного микрона, а прочие линейные размеры превосходят толщину в 10^4—10^5 раз или более.

Наибольший практический интерес представляют М. п., у которых после изготовления проявляется сильно выраженная анизотропия магнитных свойств. Указанная анизотропия создается при осаждении в результате действия внешнего магнитного поля или за счет эффектов косого падения молекулярных пучков. Большую роль в создании анизотропии играет также характер и качество поверхности, на которую осаждается пленка, и другие технологические параметры. При таком соотношении размеров, как показывает теория, вектор намагниченности лежит в плоскости пленки и при изменении своего направления не может выйти из нее. Если пленка однодоменная, то ее перемагничивание может осуществляться только путем вращения, т. е. за промежутки времени, исчисляемые долями наносекунды. Ввиду малой толщины тормозящее влияние вихревых токов оказывается ничтожным, и тепловые эффекты вихревых токов также можно не учитывать. Экспериментальными исследованиями установлено, что явления, происходящие в пленках при их перемагничивании, далеко не так просты, как следует из описанной упрощенной модели. Однако общие выводы относи-

тельно скорости переключения и влияния вихревых токов остаются справедливыми.

Тонкие М. п. использованы в ряде быстродействующих запоминающих устройств, разработанных у нас и за рубежом. В настоящее время — это самые перспективные элементы для разработки быстродействующих запоминающих устройств большой емкости. Особенно ценной является возможность полной механизации и автоматизации технологического процесса изготовления *накопителей* на таких элементах.

Магнитный барабан — вид магнитного *запоминающего устройства*, широко используемого в универсальных и специализированных цифровых вычислительных машинах. М. б. представляет собой металлический цилиндр из прочного алюминиевого сплава или из титана. На внешнюю боковую поверхность цилиндра наносится тонкий слой ферромагнитного вещества, являющегося носителем информации. Магнитным покрытием служит слой красной окиси железа (толщиной в несколько десятков микрон) или слой никель-кобальтового сплава. Магнитное покрытие из окиси железа обычно наносится путем разбрызгивания из пульверизатора на вращающийся барабан; пленка никель-кобальта наносится электролитическим способом.

Принцип записи и считывания в М. б. в общем тот же, что и в обычном *магнитофоне*. Запись и считывание импульсов осуществляется записывающей и считывающей головками Зазор между ними и поверхностью барабана должен быть минимальным. Обычно он находится в диапазоне 10—50 *мк*, что определяется допусками на изготовление боковой поверхности и на биение в подшипниках. Известны конструкции М. б. с так называемыми плавающими головками; зазор в этих головках поддерживается автоматически за счет использования аэродинамических эффектов, возникающих при быстром вращении барабана.

М. б. является основной *памятью* большого количества цифровых вычислительных машин малого и среднего быстродействия, а также специализированных машин. Достоинства М. б. как запоминающего устройства заключаются в большой *емкости*, надежности, малом количестве электронной аппаратуры, весьма высокой экономичности (по стоимости на одну двоичную единицу информации), гибкости структуры, считывании без разрушения информации. Единственный недостаток М. б. состоит в том, что он является запоминающим устройством последовательного действия. Однако именно этот «недостаток» становится достоинством в особых случаях применения М. б., как, например, в *цифровом дифференциальном анализаторе*. Помимо функций хранения, на М. б. легко осуществляются операции сдвига, просто реализуются динамические регистры и т. п.

Емкость современных М. б. определяется их размерами и плотностью записи, которая колеблется от двух-трех до нескольких десятков двоичных единиц на миллиметр. Характерны емкости порядка 10^5—10^6 двоичных единиц. Тактовая частота импульсов, снимаемых с магнитного барабана, обычно не превышает 150—200 *кгц*. Дальнейшим развитием конструкции магнитного запоминающего устройства на М. б. явилось запоминающее устройство на магнитных дисках.

Магнитный заряд — формальное представление, аналогичное представлению об *электрическом заряде*. Так же как и в случае точечного электрического заряда, М. з. представляют собой точки, из которых выходят или в которые входят силовые линии магнитного поля. В первом случае М. з соот-

ветствуют северному полюсу магнита, а во втором — южному. Однако в природе не существует таких магнитных полей, у которых силовые линии начинались или кончались бы в каких-либо точках (т. е. не были бы замкнутыми), а значит, в природе не существует и М. з. Но в некоторых случаях можно пользоваться формальным представлением о М. з., хотя оно и не соответствует истинной физической картине. Например, в случае длинной магнитной стрелки почти все линии ее магнитного поля выходят во внешнее пространство с одного ее конца и входят в другой ее конец. Магнитную стрелку можно представлять себе как пару разноименных М. з., расположенных на концах стрелки.

Взаимодействие двух магнитных стрелок в случае, когда только одни концы их расположены близко друг к другу, а другие — далеко друг от друга (что всегда может быть осуществлено, если стрелки достаточно длинные), можно рассматривать как взаимодействие двух М. з. и определить на опыте закон, по которому это взаимодействие происходит. Он аналогичен *закону Кулона* для взаимодействия электрических зарядов, а именно, сила взаимодействия между двумя зарядами оказывается обратно пропорциональной квадрату расстояния между зарядами. По силе взаимодействия можно определить отношение между величинами различных М.з. (аналогично тому, как это делается для электрических зарядов) и установить единицу М. з.

Закон Кулона для взаимодействия М. з. имеет вид:

$$F \sim \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

где q_1 и q_2 — величины точечных М. з., r — расстояние между ними, а F — сила взаимодействия М. з.

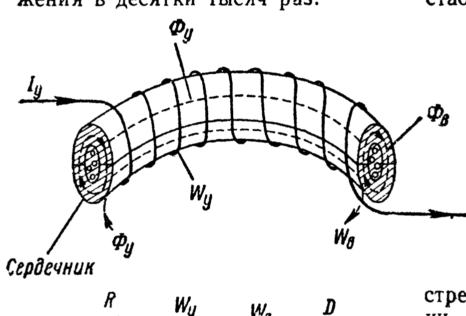
В системе СИ коэффициент пропорциональности принимается равным $1/4\ \pi\mu_0$, где μ_0 — магнитная проницаемость вакуума, равная $4\pi \cdot 10^{-7}$ *генри/м.* Поэтому закон Кулона для М. з. в системе СИ принимает вид:

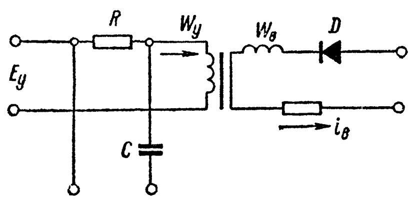
$$F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}.$$

Поскольку законы взаимодействия для электрических зарядов и М. з. одинаковы, то и вытекающие из этих законов следствия также оказываются одинаковыми; в частности, при одинаковом расположении электрических зарядов и М. з. свойства магнитных полей, создаваемых М. з., оказываются совершенно подобными свойствам электрических полей, создаваемых неподвижными электрическими зарядами. Поэтому все выводы электростатики применимы для магнитных полей в той мере, в какой магнитные поля могут быть представлены как поля, созданные М. з. Таким образом, несмотря на то, что в природе физически не существует М. з., представления о них оказываются полезными при рассмотрении свойств постоянных магнитных полей.

Магнитный модулятор — *магнитный усилитель* напряжения, преобразующий напряжение постоянного тока в переменное. М. м. бывают с выходом на основной частоте, с выходом на удвоенной частоте и с взаимно перпендикулярными полями. Любая из схем реверсивных магнитных усилителей с выходом переменного тока основной частоты может быть использована в качестве М. м. Трансформаторная схема применяется для преобразования сигналов постоянного тока, мощность которых превышает 10^{-8}—10^{-6} *вт*. Для преобразования более слабых сигналов рекомендуются дифференциальная или мостовая схемы. М. м. с выходом на удвоенной частоте основаны на использовании четных гармоник э. д. с., наводимых в обмотке управления простейшего усилителя. Основное их достоинство состоит в том,

что колебания напряжения источника питания, различия в характеристиках сердечников и т. п. не вызывают появления четных гармоник э. д. с. на выходе при отсутствии сигнала постоянного тока на входе. Чувствительность таких модуляторов составляет 10^{-19}—10^{-17} *вт*. Недостатком их является необходимость включения на выходе высококачественных многозвенных *полосовых фильтров*, так как величина нечетных гармоник на выходе модулятора может превышать величину второй гармоники напряжения в десятки тысяч раз.





В М. м. с взаимно перпендикулярными полями подмагничивание ферромагнитного сердечника осуществляется не только полем управления, силовые линии которого параллельны линиям поля рабочей обмотки, но и перпендикулярным полем (см. рис). В ферритовом сердечнике имеется кольцевой паз с обмоткой возбуждения $W_в$, обтекаемой однополупериодным током, создающим поперечное магнитное поле. Модулируемый сигнал поступает в обмотку $W_у$. В течение одного полупериода питающего напряжения поле возбуждения насыщает сердечник, и проницаемость его для продольного поля резко уменьшается. В полупериод, когда $i_в = 0$, проницаемость сердечника возрастает до начального значения. Таким образом, поле возбуждения периодически изменяет индуктивность обмотки $W_у$, и ток, протекающий через сопротивление R, пульсирует. Переменная составляющая падения напряжения от этого тока на сопротивлении R является выходным напряжением модулятора. М. м. с поперечным полем обладают наиболее высокой стабильностью нуля и могут модулировать сигналы начиная с 10—20 *мкв*.

Магнитный момент — величина, характеризующая поведение во *внешнем магнитном поле* магнитной стрелки или замкнутого витка с током. М. м. магнитной стрелки пропорционален произведению величины «магнитного заряда» одного *магнитного полюса* стрелки на длину стрелки и направлен вдоль стрелки от ее южного полюса к северному. М. м. витка с током пропорционален произведению тока в витке на площадь витка и направлен вдоль оси витка по правилу винта, т. е. также от «южного полюса» витка (сторона витка, в которую силовые линии магнитного поля тока входят) к его «северному полюсу» (сторона витка, из которой силовые линии выходят). Силы, действующие на магнитную стрелку или виток с током со стороны внешнего магнитного поля, стремятся повернуть их так, чтобы их М. м. был направлен по полю.

Магнитный полюс — см. *Магнитный заряд*.

Магнитный поток — поток вектора магнитной индукции через какой-либо контур, т. е. произведение вектора B на площадку S, ограниченную этим контуром, и на косинус угла между вектором B и перпендикуляром к площадке S.

Таким образом, М. п.

$$\Phi = B_{п}S,$$

где $B_{п}$ — проекция вектора B на направление перпендикуляра к площадке S.

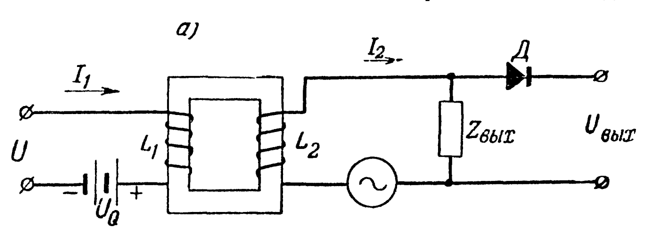
Если условиться считать, что густота силовых линий поля магнитной индукции, т. е. число силовых линий индукции, проходящих через площадку, расположенную перпендикулярно направлению силовых линий, площадь которой равна единице, равно числу, выражающему абсолютную величину вектора B, то М. п. представляет собой общее число силовых линий индукции, пронизывающих рассматриваемый контур.

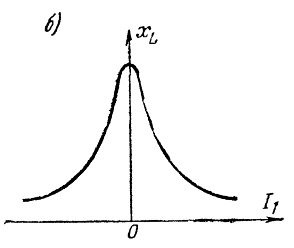
Магнитный пускатель — *контактор* специального вида, применяемый для включения трехфазных асинхронных двигателей. М. п. разделяются на нереверсивные и реверсивные, изменяющие направление вращения двигателя. В цепях управления М. п. применяется само- и взаимоблокировка. Для защиты двигателя от перегрева в М. п. используют биметаллические тепловые защитные реле, которые допускают протекание кратковременных пусковых токов двигателей, но разрывают цепи при небольших, но длительных перегрузках.

Для бесконтактного управления двигателями применяют силовые *магнитные усилители.*

Магнитный усилитель — усилитель, основанный на использовании катушек с ферромагнитным сердечником, *магнитная проницаемость* которого зависит от величины магнитной индукции.

Простейшая схема М. у. дана на рис. *а*. Усиливаемое переменное напряжение U подводится к катушке L_1, имеющей общий ферромагнитный сердечник с катушкой L_2, которая питается от источника переменной э. д. с. E через сопротивление нагрузки $Z_{вых}$. Частота этой э. д. с. должна быть значительно выше частоты усиливаемого напряжения

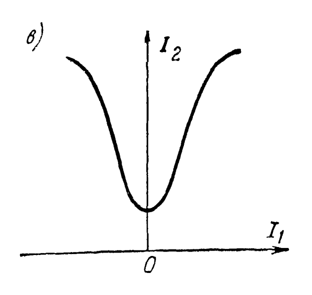




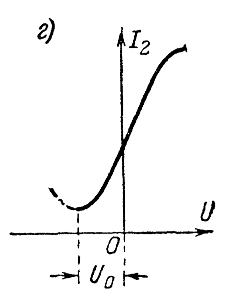
В цепь подачи сигнала введено также постоянное напряжение U_0, которое создает постоянный «подмагничивающий» ток в катушке.

По принципу действия М. у. весьма сходен с *диэлектрическим усилителем*. При изменении напряжения U изменяется ток I_1 в катушке L_1, а вместе с тем магнитный поток в сердечнике, индуктивность катушки L_2 и ее *индуктивное сопротивление* x_L. Если ток в обмотке L_1 увеличивается, то магнитная проницаемость сердечника уменьшается и тогда уменьшаются индук-

тивность катушки L_2 и ее индуктивное сопротивление x_L. Зависимость x_L от тока I_1 показана на рис. *б*. При уменьшении x_L ток I_2 в катушке L_2 возрастает; поэтому зависимость I_2 от I_1 имеет вид, приведенный на рис. *в*.



Подбором постоянного напряжения U_0 можно переместить рабочую точку на склон кривой, и тогда зависимость I_2 от U вблизи рабочей точки (см. рис. *г*) будет аналогична характеристике электронной лампы в усилительном режиме.



Изменение напряжения U, частота которого ниже частоты питающего напряжения, вызовет изменение амплитуды тока I_2. Этот ток, а следовательно, и падение напряжения на $Z_{вых}$ представляют собой *модулированное колебание*. В результате *детектирования* с помощью детектора *Д* выделяется огибающая модулированного колебания. Форма этой огибающей совпадает с формой входного напряжения, а ее амплитуда может быть значительно больше амплитуды входного напряжения.

По сравнению с ламповыми усилителями М. у. обладают большей стабильностью и надежностью в работе, компактностью и рядом других преимуществ. Поэтому они находят широкое применение в разнообразных областях техники. Их недостатком при усилении колебаний низкой частоты является необходимость питания от высокочастотного генератора.

Магнитный шунт — участок *магнитной цепи*, расположенный параллельно основному пути магнитных силовых линий. М. ш. ответвляет на себя часть магнитных силовых линий и поэтому ослабляет магнитное поле в том участке основной магнитной цепи, параллельно которому он расположен. Обычно М. ш. в виде небольшой стальной пластинки, наложенной на полюсные наконечники магнита, применяется для регулировки напряженности магнитного поля в зазоре между полюсными наконечниками. Например, в магнитоэлектрических приборах он служит для регулировки их чувствительности.

Магнитный экран — оболочка из ферромагнитного материала, препятствующая выходу магнитных силовых линий изнутри экрана наружу или, наоборот, проникновению внешнего магнитного поля внутрь экрана. Действие М. э. основано на том, что он образует *магнитную цепь* с малым магнитным сопротивлением (вследствие большой магнитной проницаемости материала экрана), через которую замыкаются почти все магнитные силовые линии, подходящие к экрану снаружи или изнутри. М. э. применяются для устранения вредного воздействия магнитных полей. Например, трансформаторы низкой частоты часто заключают в стальной экран. Это устраняет

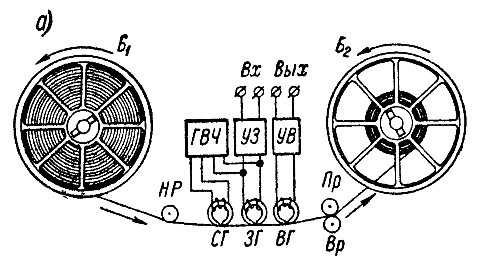
воздействие магнитного поля данного трансформатора на соседние цепи или защищает его от внешних магнитных полей.

Магнитодиэлектрики — материалы, обладающие малой электрической проводимостью и большой магнитной проницаемостью, например спрессованная под большим давлением смесь мелких частиц какого-либо *ферромагнитного материала* с веществом (лаком или пластмассой), которое электрически изолирует частицы друг от друга, а механически связывает их. Вследствие малой электропроводности потери на *вихревые токи* в М. даже на высоких частотах сравнительно невелики. Поэтому М. применяют для сердечников катушек индуктивности в цепях промежуточной и даже высокой частоты. Применение М. позволяет уменьшить размеры катушек, повысить их добротность, плавно изменять их индуктивности путем вдвигания и выдвигания сердечников.

Магнитострикция — свойство некоторых ферромагнитных металлов и сплавов деформироваться (сокращаться или расширяться) при намагничивании и, наоборот, изменять свою *магнитную индукцию* при механических деформациях. М. используется в магнитострикционных резонаторах, в которых наступает *механический резонанс* под действием переменных магнитных полей. Магнитострикционные резонаторы изготовляются на частоты до 100 *кгц* и даже выше и аналогично *пьезоэлектрическим резонаторам* находят применение для стабилизации частоты, излучения ультразвука и т. д.

Магнитофон — устройство, предназначенное для записи и воспроизведения электрических колебаний (в диапазоне *звуковых частот*) магнитным способом (см. *Магнитная запись звука*).

На рис. *а* показана типовая блок-схема М. Записываемые электрические сигналы подаются (например, с *микрофона*) на вход *Вх* усилителя записи *УЗ*. Электрический ток с выхода усилителя проходит по обмотке записывающей головки *ЗГ*, в сердечнике которой возникает магнитный поток. Изменения этого



потока соответствуют изменениям тока. Магнитное поле *ЗГ* воздействует на движущийся *сигналоноситель* (обычно в виде ленты). Лента поступает с бобины $Б_1$ и в процессе записи наматывается на бобину $Б_2$.

Перед тем, как пройти перед *ЗГ*, лента подвергается воздействию магнитного поля стирающей головки *СГ*. По обмотке этой головки проходит высокочастотный ток, подаваемый с генератора высокой частоты *ГВЧ*. При воздействии магнитного поля высокочастотного тока сигналоноситель полностью размагничивается; этим уничтожается старая запись или случайная намагниченность сигналоносителя, которая может вызвать шумы при воспроизведении звука. Одновременно ток высокой частоты подается на обмотку *ЗГ*, способствуя повышению качества записи. Третьей (по ходу ленты) является воспроизводящая головка *ВГ*. Намагниченность ленты-сигналоносителя вызывает появление магнитного потока в сердечнике этой головки, что, в свою очередь, приводит к возникновению э. д. с. в обмотке, нанесенной на сердечник. С обмотки *ВГ* напряжение подается на усилитель

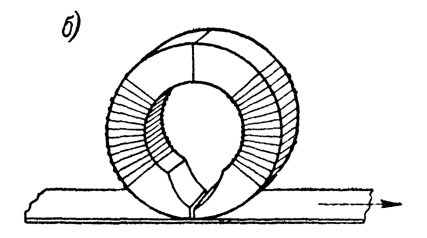
воспроизведения *УВ*, к выходу которого (*Вых*) можно подключить *громкоговоритель.*

Правильная ориентировка ленты относительно головок осуществляется направляющим роликом *НР*. Равномерное движение ленты обеспечивается равномерным вращением ведущего ролика *ВР*, вращаемого мотором. Лента прижимается к этому ролику прижимным роликом *ПР*. Запись звуковых программ производится при следующих скоростях движения ленты: 76,2; 38,1; 19,05; 9,5; 4,75 и 2,4 *см/сек.*

В процессе записи диаметры рулонов ленты на бобинах $Б_1$ и $Б_2$ постепенно изменяются. Поэтому скорость вращения бобины $Б_1$ должна постепенно увеличиваться, а бобины $Б_2$ — уменьшаться. Равномерное вращение ведущего ролика, замедленное вращение бобины $Б_2$ и торможение бобины $Б_1$ (для достижения требуемого натяжения ленты) одним мотором не обеспечивает строго равномерного движения ленты, что приводит к искажению воспроизводимого звука, называемому *детонацией.* Поэтому в высококачественных магнитофонах имеются три мотора: тон-мотор равномерно вращает ведущий ролик; наматывающий мотор вращает принимающую бобину $Б_2$; мотор перемотки при записи или воспроизведении тормозит вращение подающей бобины $Б_1$, а при обратной перемотке ленты вращает эту бобину в обратную сторону с большей скоростью. На оси тон-мотора имеется массивный маховик, обеспечивающий равномерность вращения.

Наиболее распространены ленточные сигналоносители магнитной записи трех типов: тип 1 применяется при записи со скоростью 76,2 *см/сек*, тип 2 — при скоростях 38,1 и 19,05 *см/сек*, тип 6 — при скорости, меньшей 19,05 *см/сек.* Чем больше скорость движения ленты (при всех прочих равных условиях), тем шире воспроизводимый диапазон частот, т. е. тем лучше качество записи с точки зрения *частотных искажений.*

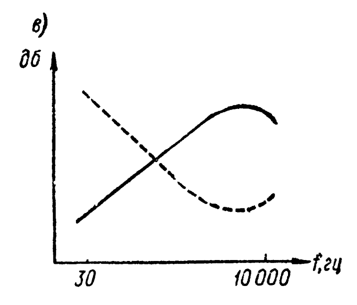
Головки М. чаще всего имеют круглый сердечник с зазором (см. рис. *б*). Лента-сигналоноситель при



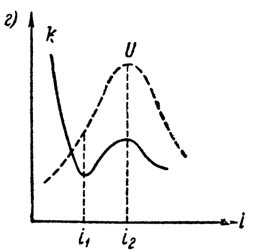
движении должна плотно прилегать к зазору головки. В упрощенных М. роль усилителя записи и воспроизведения выполняет один усилитель. При этом запись и воспроизведение обычно осуществляются одной универсальной головкой, обмотка которой при записи подключается к выходу усилителя, а на его вход подается электрический записываемый сигнал. При воспроизведении та же обмотка включается на вход усилителя, а на его выход — громкоговоритель. Кроме универсальной, имеется головка стирания; при воспроизведении она отключается, так как в противном случае запись будет стерта.

Суммарная частотная характеристика головки записи, сигналоносителя и головки воспроизведения (см. рис. *в*) показывает наличие частотных искажений, возникающих при магнитной записи (по горизонтальной оси отложены частоты, по вертикальной — *уровни* воспроизводимых сигналов в децибелах). Коррекция этих искажений осуществляется усилителями записи и воспроизведения. Суммарная частотная характеристика этих усилителей представлена на том же рис. пунктиром. Вследствие необходимости коррекции частотных искажений, частотная характеристи-

ка усилителей, применяемых при магнитной записи, отличается от частотной характеристики обычного усилителя. При наличии указанных на рис. *в* частотных характеристик весь М. в целом обладает горизонтальной частотной характеристикой в рабочем диапазоне частот, что соответствует отсутствию частотных искажений.

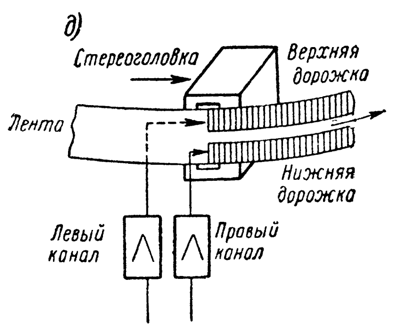


С точки зрения *нелинейных искажений* важное значение имеет величина тока высокой частоты, подаваемого в обмотку головки записи; частота его выбирается в пределах от 40 до 60 тыс. *гц*, т. е. является *ультразвуковой частотой*.



На рис. *г* показана зависимость *коэффициента нелинейных искажений* k и амплитуды напряжения U воспроизводимого сигнала от амплитуды высокочастотного тока i. При $i < i_1$ получаются большие нелинейные искажения и малая громкость воспроизводимого сигнала. Практически ток i устанавливают в пределах от i_1 до i_2, так как при $i = i_1$ наблюдаются минимальные искажения, а при $i = i_2$ — максимальная громкость сигнала (а следовательно, минимальная заметность шумов при воспроизведении).

Для увеличения длительности любительской записи часто применяется так называемая двухдорожечная запись: сначала на одной половине ширины ленты, а затем на другой. Таким образом, на одном рулоне можно разместить две записи и воспроизводить любую из них.



В стереофонических М. записываются одновременно два сигнала (один с левого микрофона для воспроизведения левым громкоговорителем, другой — с правого микрофона для правого громкоговорителя). Схема *стереофонической записи* показана на рис. *д*. В стереофоническом М. используются как при записи, так и при воспроизведении две головки и два усилителя, т. е. две самостоятельные системы записи-воспроизведения. Стереоголовка записи и воспроизведения содержит две самостоятельные головки, расположенные одна над другой, и соответственно две щели. По международному стандарту, верхняя щель используется для записи сигнала левого канала, а нижняя — правого.

Магнито-электронный усилитель — смешанный усилитель, в котором в качестве отдельных кас-

кадов используются усилители различных типов (магнитные, электронные и т. д.). Большие преимущества дает применение М. у. с *магнитным модулятором* в качестве первого каскада для усиления слабых сигналов постоянного тока, поскольку такой модулятор обладает очень низким порогом чувствительности и одновременно выполняет функции обычного модулятора. Усиление модулированных сигналов без особых затруднений производится обычными электронными (транзисторными) усилителями переменного тока. Иногда мощные М. у. имеют магнитные усилители мощности на выходе. В этом случае последний каскад электронного (транзисторного) усилителя перед магнитным усилителем должен выполнять функции *фазочувствительного выпрямителя-усилителя*.

Мадалин — модель *нервной сети*, выполненная из некоторого числа взаимосвязанных нейронов типа *адалин*.

Мажоритарная логика — математический аппарат, разработанный для анализа и синтеза логических схем вычислительной техники и автоматики, реализуемых из *мажоритарных элементов*. Обычный аппарат, использующий *алгебру логики*, оказывается непригодным по той причине, что его применение приводит к весьма неэкономным схемам. Потребность в разработке аппарата М. л. возникла в связи с изобретением первого практически широко используемого мажоритарного элемента — *параметрона*.

Мажоритарный элемент — переключательная схема, работа которой основана на регистрации преобладания сигналов одного типа над сигналами другого. Например, если сигнал одного типа представляет собой синусоидальные колебания фазы π, а сигнал второго типа — синусоидальные колебания фазы 2π (предполагается, естественно, что частота и амплитуда этих колебательных процессов одинаковы), то будет происходить сложение или вычитание сигналов, поступивших на вход. Если число входных сигналов нечетно, то произойдет компенсация сигналов с противоположными фазами, так что останутся лишь сигналы одной фазы, и на выходе М. э. появится сигнал, отвечающий фазе суммарного сигнала на входе. Таким образом работает широко известный М. э. — *параметрон*. М. э. могут быть построены также на транзисторах, диодах, сопротивлениях и др. Методы реализации логических схем из М. э. составляют новый прикладной раздел математической логики — *мажоритарную логику*.

Мазер — см. *Квантовый усилитель*.

Максвелл Джемс Кларк (1831—1879) — выдающийся английский физик, профессор Кембриджского университета. М. высказал гипотезу о магнитном поле *токов смещения* и развил учение Фарадея об электрическом и магнитном полях в стройную математическую теорию, из которой вытекала возможность волнового распространения переменных электромагнитных полей. При этом оказалось, что скорость распространения электромагнитных процессов равна скорости света, которая была уже ранее определена из опытов. На основании этого М. высказал идею об одинаковой природе электромагнитных и световых явлений, т. е. об электромагнитной природе света. Созданная М. теория электромагнитных явлений подтвердилась в опытах Герца, впервые получившего электромагнитные волны. М. принадлежит ряд фундаментальных работ и в других областях физики.

Максимальная частота генерирования — важный параметр высокочастотных *транзисторов*, характеризующий наивысшую частоту генерируемых ими колебаний в схеме генератора с самовозбуждением ($f_{макс}$). Одновременно М. ч. г. ограничивает диапазон частот, в кото-

ром транзистор способен давать усиление мощности колебаний. Значение М. ч. г. зависит от *граничной частоты* коэффициента усиления по току (f_{α}), *барьерной емкости* коллекторного перехода ($C_{к}$) и высокочастотного *сопротивления базы* ($r'_{б}$).

Малосигнальные параметры транзистора — параметры, характеризующие реакцию транзистора на сигналы, вызывающие появление в цепях транзистора малых напряжений и токов по сравнению с постоянными напряжениями и токами, определяющими рабочую точку. Представление о М. п. т. очень полезно, так как соотношения между малыми изменениями напряжений и токов оказываются линейными, несмотря на нелинейный характер статических характеристик транзистора, и многие расчеты удается производить при помощи основных законов линейных электрических цепей (законов Ома, Кирхгофа). Однако эти расчеты верны только для каскадов, работающих при малых величинах сигналов. Типичными М. п. т. являются h-параметры, параметры большинства эквивалентных схем, граничные частоты коэффициентов усиления (см. *Параметры транзистора*).

Мандельштам Леонид Исакович (1879—1944) — выдающийся советский физик, академик. М. принадлежит ряд важнейших работ в различных областях физики, главным образом по оптике и радиофизике. Первая научная работа «Определение периода колебательного разряда конденсатора» написана им в 1902 г. по окончании университета. Совместно с Н. Д. Папалекси создал школу советских радиофизиков, разработавших новую область учения о колебаниях — теорию нелинейных колебаний. Наиболее важными для радиофизики и радиотехники работами М. являются исследования распространения радиоволн (за которые ему совместно с Н. Д. Папалекси была присуждена Менделеевская премия), исследования автопараметрического и параметрического возбуждений и создание радиоинтерференционных методов измерения расстояний. Последняя работа, совместная с Н. Д. Папалекси, удостоена Государственной премии.

В области оптики М. вместе с Г. С. Ландсбергом открыл комбинационное рассеяние света, явившееся новым мощным средством изучения строения молекул.

Маркировка газоразрядных приборов — условное обозначение типов этих приборов. Газоразрядные приборы отечественного производства маркируются посредством комбинации буквенных и цифровых элементов.

Первым элементом обозначения газоразрядных выпрямительных приборов являются буквы:

ГГ — *газотрон* с наполнением инертными газами;
ГР — то же, но с наполнением ртутными парами;
ТГ — *тиратрон* с накаленным катодом, с наполнением инертными газами;
ТР — то же, но с наполнением ртутными парами;
ТГИ — *импульсный тиратрон*;
И — *игнитрон*.

Вторым элементом обозначения для этих приборов является порядковый номер их типа, а третьим — тире, за которым следует четвертый элемент в виде дроби с косой дробной чертой. В числителе указывается максимальная величина среднего значения тока в анодной цепи прибора (для импульсных приборов — максимальный ток в импульсе) в амперах, а в знаменателе — максимальное значение обратного анодного напряжения в киловольтах. Например, обозначение ТГ1-5/3 имеет тиратрон с накаленным катодом с наполнением инертным газом, с порядковым номером типа 1, с максимальной величиной среднего значения анодного тока

5 *а* и с максимальным значением обратного напряжения 3 *кв*.

Для приборов с тлеющим разрядом — *тиратронов с холодным катодом* и *газовых стабилизаторов напряжения* — первым элементом обозначения являются буквы:

ТХ — тиратроны с холодным катодом;

СГ — газовый стабилизатор напряжения.

Вторым элементом является тире, третьим — порядковый номер типа прибора и четвертым — буква, характеризующая конструктивное оформление прибора, как и при *маркировке приемно-усилительных ламп и кенотронов*. Так, обозначение СГ-2П присвоено газовому стабилизатору напряжения с порядковым номером 2, в пальчиковом оформлении. Иногда после тире прибавляется еще один элемент обозначения, как и при маркировке приемно-усилительных ламп, указывающий на особые условия работы. Так, в обозначении СГ-1П-В буква В в конце указывает, что прибор имеет повышенную механическую прочность.

Маркировка генераторных и модуляторных ламп — условные обозначения типов этих ламп. Генераторным и модуляторным лампам отечественного производства присваиваются типовые обозначения, представляющие комбинацию буквенных и цифровых элементов.

Первым элементом обозначения являются буквы:

ГК — генераторные лампы, предназначенные для работы при частотах, не превосходящих 25 *Мгц*, т. е. в диапазоне от самых длинных до коротких волн включительно;

ГУ — то же, для работы в диапазоне ультракоротких волн на частотах от 25 до 600 *Мгц*;

ГС — то же для работы на частотах выше 600 *Мгц*, т. е. в дециметровом и сантиметровом диапазонах волн;

ГМ — модуляторная лампа;

ГИ — *импульсная генераторная лампа*;

ГМИ — *импульсная модуляторная лампа*.

Вторым элементом обозначения является тире, третьим — порядковый номер типа; четвертый элемент обозначения — буквенный;

А — лампа с водяным охлаждением анода;

Б — лампа с принудительным воздушным охлаждением анода.

Отсутствие четвертого элемента в типовом обозначении указывает на естественное радиационное охлаждение анода. Таким образом, обозначение ГУ-21Б означает: генераторная лампа для работы в диапазоне частот от 25 до 600 *Мгц*, с порядковым номером типа 21 и с принудительным воздушным охлаждением анода.

Маркировка приемно-усилительных ламп и кенотронов — условное обозначение типов этих ламп. Приемно-усилительные лампы отечественного производства маркируются посредством комбинации буквенных и цифровых элементов.

Первым элементом обозначения является число, указывающее напряжение накала лампы в вольтах (округленно до целых значений).

Второй элемент — буква, характеризующая тип лампы:

А — частотно-преобразовательная лампа с двумя управляющими сетками;

Б — пентод с одним или двумя диодами в одной колбе (диод-пентод);

В — пентод с вторичной эмиссией;

Г — триод с одним или двумя диодами в одной колбе (диод-триод);

Д — диод;

Е — индикатор настройки;

Ж — пентод (или лучевой тетрод) с короткой характеристикой;

И — частотно-преобразовательная лампа типа триод-гексод, триод-гептод или триод-октод;
К — пентод или лучевой тетрод с удлиненной характеристикой;
Н — двойной триод;
П — выходной пентод или лучевой тетрод;
Р — двойной пентод или тетрод;
С — триод;
Ф — частотно-преобразовательная лампа типа триод-пентод;
Х — двойной диод;
Ц — кенотрон;
Э — тетрод.

Третьим элементом обозначения является порядковый номер типа (для отличия ламп, у которых остальные элементы одинаковы, но обладающих разными параметрами).

Четвертый элемент обозначения — буква, характеризующая конструктивное оформление лампы:
С — лампа в стеклянном баллоне с цоколем;
К — лампа в керамическом баллоне (*металло-керамическая лампа*);
Ж — миниатюрная лампа типа «жолудь»;
П — «пальчиковая» миниатюрная лампа диаметром 19 или 22,5 *мм*;
Г — сверхминиатюрная лампа диаметром более 10 *мм*;
Б — то же, диаметром 10 *мм*;
А — то же, диаметром 6 *мм*;
Р — то же, диаметром 4 *мм*;
Л — лампа с замком в ключе цоколя (препятствующим свободному извлечению ее из панельки без приложения усилия);
Д — лампа с *дисковыми выводами*.

Отсутствие в обозначении четвертого элемента указывает на то, что лампа заключена в металлический баллон.

В обозначениях некоторых ламп, после четвертого элемента обозначения, через тире ставится еще буква — указание на особые условия работы лампы:
В — лампа повышенной механической прочности и надежности;
Е — долговечная лампа;
И — лампа, предназначенная для импульсной работы;
К — лампа высокой виброустойчивости.

Например, обозначение 6П3С присвоено выходному пентоду или лучевому триоду с напряжением накала 6,3 *в*, имеющему порядковый номер типа 3, оформленному в стеклянном баллоне с цоколем. Обозначение 6П3С-Е соответствует лампе с теми же данными и параметрами, но обладающей повышенной долговечностью.

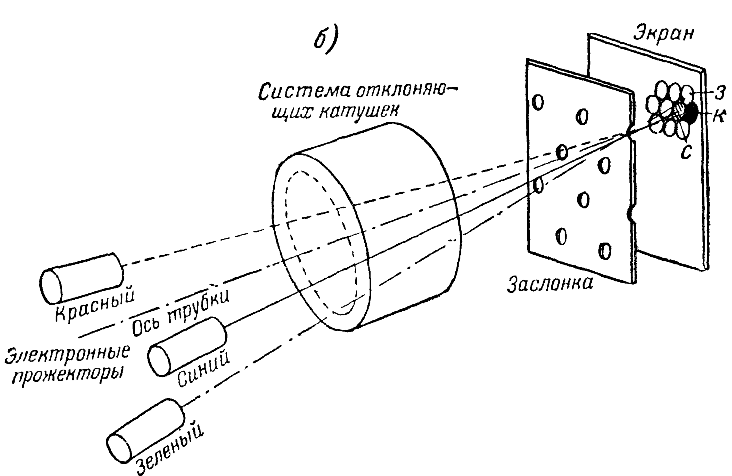
Маскировка звука — повышение *порога слышимости* одного звука при наличии другого. М. з. оказывает большое влияние на способность воспринимать полезный сигнал в присутствии мешающего (например, шумов). Степень М. з. зависит от соотношения *уровней* и частот полезного звукового сигнала и *акустических помех*. Если уровень помех меньше полезного сигнала, то они могут быть замаскированы полезным сигналом и практически не слышны. Возможно и обратное явление.

Маскирующие радиолокационные покрытия — слой специального материала, наносимого на поверхность объекта (например, на надводную часть подводной лодки) для затруднения обнаружения его с помощью радиолокации. Материал должен обладать большим коэффициентом поглощения радиоволн того диапазона, на котором работает радиолокационная станция, и, следовательно, давать малое отражение этих волн.

Масочная цветная приемная трубка (колартрон) — трехлучевой *кинескоп* для воспроизведения цвет-

а)

Красный Зеленый Синий



ных изображений. Действие его основано на пространственном *сложении цветов*. На экран трубки нанесена мозаика, состоящая из $3N$ кружков-люминофоров, светящихся красным, зеленым и синим светом. (N — число активных *элементов изображения* $\approx$ 380 000).

Схема трубки и часть мозаики изображены на рис. *а* и *б*. Три *электронных прожектора* расположены так, что их оси пересекаются в одной точке на маске (заслонке), размещенной перед экраном. В маске пробито N отверстий (белые кружки на рис. *б*), расположенных так, что луч каждого прожектора попадает только на люминофор «своего» цвета. Все три луча отклоняются общими катушками. Для обеспечения сходимости лучей в любой точке на маске используются внешние корректирующие магниты.

Интенсивность «красного», «зеленого» и «синего» лучей управляется независимо *цветовыми сигналами*, в результате чего получаются три совмещенных *цветоделенных изображения*, видимых как одно цветное.

М. ц. п. т., несмотря на технологическую сложность, выпускается в США и Японии в массовом количестве. На ее основе строятся цветные телевизоры в *совместимой системе цветного телевидения*. Во время приема сигналов черно-белого телевидения они поступают на все три прожектора. В результате интенсивность красного, зеленого и синего в каждом элементе получается одинаковой, что при сложении дает ощущение белого различной яркости, т. е. черно-белое изображение.

Массового обслуживания теория — математическая дисциплина, являющаяся разделом *кибернетики*, изучающая статистические закономерности в массовых операциях, каждая из которых состоит, в свою очередь, из большого числа элементарных операций. М. о. т. предлагает методы наилучшего обслуживания станков, нуждающихся в ремонте, методы обслуживания покупателей, абонентов АТС, абонентов информационно-справочного центра и т. д. М. о. т. дает теоретическое обоснование ситуациям типа очереди, позволяет рассчитать среднюю длительность ожидания, среднюю длину очереди и др. М. о. т. тесно связана с такими разделами кибернетики, как *исследование операций* и *линейное программирование*.

Мастер спорта — спортивное звание, свидетельствующее о высшей квалификации спортсмена. Для получения звания М. с. радиоспортсмену нужно занять в соревнованиях на первенство СССР первое — второе места, или участвовать в составе команды, занявшей в соревнованиях на первенство СССР первое место или второе — третье места в течение двух смежных лет, или установить всесоюзный рекорд, или выполнить разрядные нормы для М. с. на соревнованиях не ниже республиканского масштаба, или набрать 100 очков на соревнованиях I—III групп соревнований по «охоте на лис» или по радиосвязи на ультракоротких волнах.

Мачты-антенны — антенны, в которых излучателем является сама металлическая мачта. Примером является предложенная М. А. Шкудом М., устанавливаемая на изолированном от земли основании и поддерживаемая небольшим количеством изолированных оттяжек.

Машинное слово — двоичный код, хранимый в одной *ячейке* внутреннего *запоминающего устройства* цифровой вычислительной машины. Термин М. с. употребляется для того, чтобы не оговаривать специально, чтó представляет собой код, хранимый в данной ячейке запоминающего устройства, — *команду* или число.

Машинный перевод — автоматический перевод печатного текста с одного языка на другой при помо-

щи электронных цифровых вычислительных машин. Первые опыты по М. п. были выполнены в СССР и в США. В СССР на машине БЭСМ был произведен перевод небольших отрывков из английской книги математического характера; в США делались переводы технических текстов с русского языка на английский.

М. п. ставит перед учеными две задачи: 1) разработать методы программирования процесса перевода, учитывающие смысловые и синтаксические взаимоотношения между словами двух языков — того, с которого переводят, и того, на который переводят; 2) разработать «машинный словарь», т. е. запоминающие устройства для хранения и выборки слов двух языков.

Над первой задачей совместно работают лингвисты, математики и программисты. В настоящее время круг вопросов, связанных с этой задачей, образует новую науку — математическую лингвистику. Вторая, техническая, задача не менее трудна,так как необходимо создать запоминающие устройства огромной емкости 10^7—10^9 *дв. ед.* с принципиально новыми методами выборки (так называемые *ассоциативные запоминающие устройства*), причем их быстродействие должно быть достаточно высоким.

Актуальность проблемы М. п. обусловлена тем, что вместе с ростом прогресса непрерывно увеличивается поток полезной информации, особенно научно-технического характера, которую необходимо как можно быстрее доводить до широкого круга специалистов. Механизация перевода позволила бы освободить большое количество людей для более творческой работы.

Машинный язык — формальный язык для описания *алгоритмов* решения задач, характеризуемый «словарем» *команд*, которые может выполнять цифровая вычислительная машина. В этот «словарь» входят команды для выполнения арифметических и логических операций, а также команды, позволяющие образовывать циклы вычислений и осуществлять связь машины с внешними устройствами и оператором. *Программа* для решения какой-либо задачи должна быть составлена на «языке» именно той машины, на которой она будет решаться. Поэтому термин М. я., являясь образным, в то же время хорошо отражает сущность дела. Часто М. я. называется также выходным языком в отличие от входного языка, под которым понимают язык, используемый для задания исходной информации при *программировании*. Если М. я. (иначе — выходной язык) связан с конкретной машиной, то входной язык может быть общим для целого класса машин. Примером входного языка может служить *алгол*.

Машины высокой частоты — генераторы переменного тока высокой частоты, применявшиеся непосредственно для питания антенн передающих радиостанций. Первую русскую М. в. ч. мощностью 2 *квт* на частоту 60 *кгц* построил В. П. Вологдин в 1912 г. Ее ротор вращался со скоростью 20 000 оборотов в минуту при окружной скорости около 314 *м/сек*. С электродвигателем она соединялась зубчатой передачей. В дальнейшем В. П. Вологдин построил М. в. ч. на 50 и 150 *квт*. Первая работала в 1922 г., а вторая в 1925 г. на Октябрьской радиостанции в Москве. Широкое развитие ламповой техники вытеснило М. в. ч., но они нашли применение для плавки металлов и для поверхностной закалки.

Маячковая лампа — специальная лампа для усиления и генерации колебаний сверхвысоких частот. С целью уменьшения влияния *междуэлектродных емкостей*, *индуктивностей выводов* и *времени пролета электронов* она имеет конструкцию, отличную от обычных электронных ламп и напоминаю-

щую по внешнему виду башню маяка. Катод, сетка и анод М. л. выполняются в виде плоских дисков, расстояние между которыми весьма мало; благодаря этому достигается большая крутизна характеристики и малое время пролета электронов. Кольцевые выводы у М. л., являющиеся продолжением электродов вне баллона, имеют очень малую индуктивность. Все это позволяет эффективно использовать М. л. для усиления на сверхвысоких частотах (вплоть до дециметровых волн). М. л. часто применяются в схемах с *заземленной сеткой*.

Мегафон — см. *Электромегафон*.

Меггер — см. *Испытатель изоляции*.

Мегомметр — прибор для измерения больших электрических сопротивлений, обычно — сопротивления изоляции. Таким прибором может служить, например, *испытатель изоляции* (меггер).

Медицинская электроника — область науки и техники, использующая достижения электроники для создания приборов и устройств, выполняющих следующие функции: 1) съем информации о физиологических процессах в организме с помощью различных внешних и внутренних датчиков; 2) обработка больших потоков информации с помощью осциллографов, коррелометров, энцефалографов и других приборов; 3) *моделирование* физиологических и психических процессов; 4) стимулирование жизнедеятельности и управление отдельными процессами живого организма; 5) автоматическое регулирование среды, окружающей организм; 6) создание акустических, электромагнитных и других полей для лечебного воздействия на организм.

Всевозможные электронные датчики позволяют производить не только внешние измерения температуры тела, биопотенциалов мышц и нервов, но и объективно регистрировать протекание внутренних процессов жизнедеятельности. Например, по крупному кровеносному каналу руки внутрь сердца может быть введен зонд, концевая часть которого представляет собой датчик для восприятия и трансляции внутренних звуков работающего сердца (шумы открывания и закрывания клапанов и др.) Интересно решение проблемы измерения давления, температуры и иных параметров в желудочно-кишечном тракте. Для этого широко используется так называемая радиопилюля — миниатюрный радиопередатчик (длина 25 *мм* и менее, диаметр 8 *мм* и менее), модуляция которого осуществляется крошечными датчиками давления, температуры и кислотности.

Широко известны успехи космической и авиационной медицины, позволяющие по радиоканалу вести непрерывный контроль многочисленных жизненно важных физиологических функций космонавта. В последние годы дистанционные медицинские измерения практикуются и в спорте для контроля и исследования жизнедеятельности организма спортсмена.

В литературе неоднократно сообщалось о «телевизорах мозга», позволяющих визуально наблюдать электрическую активность коры больших полушарий. Фактически это обычная электроэнцефалография, т. е. регистрация изменений биопотенциалов, снимаемых группой электродов с черепной коробки. Многоканальный электронный коммутатор производит переключение электродов, и биотоки участков мозга модулируют интенсивность электронного луча, что приводит к свечению соответствующих участков экрана электронно-лучевой трубки.

К методам М. э. относятся и такие методы регистрации, как электрокардиография — для сердечной деятельности, электромиография — для мышечной деятельности, широко практикуемые в клинической медицине.

Огромное число проводимых в медицине измерений требует специальной аппаратуры для их обработки и систематизации. Для полной и частичной автоматизации обработки результатов измерений в М. э. создано много приборов. Наиболее прогрессивно использование цифровых вычислительных машин. Именно поэтому в ряде крупнейших клиник страны созданы вычислительные центры. Анализ измерений и статистическое накопление данных способствуют, в частности, успешному применению универсальных цифровых вычислительных машин для диагностики и назначения лечения.

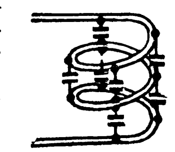
Моделирование физиологических и психических процессов ведется как для экспериментального исследования на моделях ряда гипотез о возможных механизмах функционирования и патологии организма, так и для создания моторных и сенсорных протезов. Известны модели органов чувств — *перцептроны*, модели систем регулирования движения глазного яблока, модели регулирования диаметра зрачка, осмотического давления, состава крови и др. Всемирно известны работы Центрального института протезирования и протезостроения, в котором созданы протезы руки с биоэлектрическим управлением.

Электронные методы стимуляции используются для лечебного воздействия на организм (ультравысокочастотная терапия и др.), а также для прямого управления жизнедеятельностью некоторых органов (электростимуляция остановившегося сердца, навязывание сердечной мышце нормального ритма, стимуляция дыхательного центра и др.). К сложнейшим вопросам этого круга идей М. э. тесно примыкают методы создания различных физических полей для профилактического и лечебного воздействия на организм.

Автоматическое регулирование среды, окружающей организм, нельзя свести к простейшим техническим вопросам кондиционирования воздуха. Сюда относятся задачи создания микроклимата в космическом корабле, задачи термотерапии охлаждением тела, наркоза и др.

Меднозакисные выпрямители — *выпрямители*, в которых в качестве элемента с односторонней проводимостью (вентиля) применяется медная пластинка, покрытая слоем закиси меди, проводящая ток в направлении от закиси меди к меди. Для включения такого элемента в цепь на слой закиси меди накладывается свинцовая или медная пластинка. Элемент выдерживает плотность тока до 50 *ма/см*^{2} и *обратное напряжение* до 6 *в*. Для увеличения выпрямленного напряжения элементы соединяются последовательно. М. в. иначе называют купроксными.

Междувитковая емкость — *взаимная емкость*, которой обладают витки *катушки самоиндукции* (см. рис.). Результирующая М. е. всех витков играет примерно такую же роль, как емкость, включенная параллельно катушке, и увеличивает длину волны, на которую настроен контур с данной катушкой. Поэтому в катушках, особенно предназначенных для очень коротких волн, стремятся к тому, чтобы М. е. была возможно меньшей.



Междугородное вещание — передача сигналов *вещания* из одного города в другой, осуществляемая по специальным кабельным линиям связи или по радиорелейным линиям. В настоящее время широко используется также обмен телевизионными программами между отдельными странами.

Международный союз радиолюбителей (IARU) — союз, созданный в 1925 г. на конференции в Париже представителями радиолюбитель-

ских организаций 23 государств, утвердивших устав и избравших местом пребывания исполкома штаб-квартиру Американской лиги коротковолновиков. М. с. р. до 1950 г. проявлял мало активности, особенно в Европе. В 1950 г., объединяя уже около 40 стран, М. с. р. провел вторую конференцию в Париже. Вследствие трудностей, вызванных отсутствием оперативного руководства радиолюбительскими организациями Европы из-за нахождения исполкома М. с. р. в США, на третьей конференции, состоявшейся в Лозанне в 1953 г., было решено создать в составе М. с. р. три отдельных региона (района): первый, объединяющий радиолюбительские организации Европы и Африки, второй — страны Азии и третий — страны Америки.

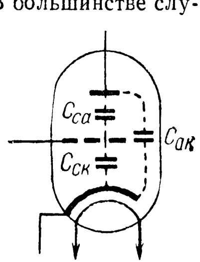
В задачи М. с. р. входит развитие радиолюбительского движения во всех странах, а также любительских радиосвязей между ними, заключение соглашений между национальными организациями в области радиолюбительства, представительство и защита интересов радиолюбителей на международных конференциях по радиосвязи, поощрение международного сотрудничества.

Первый район М. с. р. организационно оформлен на учредительной конференции в 1956 г. На последующих конференциях (1959 и 1960 гг.) был рассмотрен устав первого района и рекомендации о порядке проведения соревнований на ультракоротких волнах. Создание первого района М. с. р. позволило организовать европейские первенства по различным видам радиоспорта; введена регистрация рекордов Европы по радиосвязи на ультракоротких волнах.

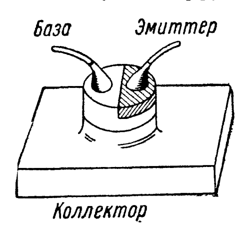
В 1963 г. *Федерация радиоспорта СССР* вступила в М. с. р., что дает возможность советским радиоспортсменам укрепить международные связи и популяризовать достижения советских радиолюбителей.

Делегация СССР участвовала в 1963 г. на очередном конгрессе первого района М. с. р. в г. Мальме (Швеция). К этому времени членами М. с. р. были 53 национальных радиолюбительских организации, в том числе 20 европейских стран.

Междуэлектродная емкость — емкость между электродами электронной лампы. В большинстве случаев М. е. играет вредную роль: например, емкость сетка — анод может вызвать *паразитную генерацию* в усилителе, емкости сетка — катод и сетка — анод увеличивают *входную емкость* усилительного каскада и т. д. Поэтому стремятся по возможности уменьшить М. е. Иногда для устранения их вредного влияния строят схемы с использованием М. е. Например, М. е. может входить в состав колебательного контура и обеспечить нужную емкостную *обратную связь*.



Меза-транзистор — разновидность дрейфового транзистора, изготовляемого путем диффузии примесей из газовой среды. От других транзисторов диффузионной технологии М. отличается тем, что за счет электрохимического стравливания части кристалла, окружающей $p-n$ переходы, активная часть М. приобретает форму бугорка, откуда и название этого типа транзистора: меза — горное плато.



М. является высокочастотным усилительным прибором и, кроме того, может допускать работу при повышенных мощностях (особенно при использовании кремния для исходной пластинки).

Мембрана — тонкая (обычно круглая) пластинка, работающая на изгиб и закрепленная на краях. Используется в *громкоговорителях* и *телефонах* для возбуждения *звуковых колебаний* в окружающей среде, а в *микрофонах* — для приема звуковых колебаний. Часто применяется М. из высокополимерной пленки, покрытой с одной стороны металлическим слоем. Толщина таких мембран составляет несколько микрон.

Мемистор — сопротивление с памятью, выполняемое в виде электрохимического трехэлектродного элемента, состоящего из ванны с электролитом (например, кислый раствор медного купороса), металлического (медного) анода и угольного катода. При протекании управляющего тока между анодом и катодом происходит процесс осаждения меди на угольный электрод или растворение ее на электроде (это зависит от полярности тока управления). В результате сопротивление угольного электрода изменяется от долей ома до сотен ом. Мощность тока управления составляет несколько милливатт. Информация, записываемая импульсами тока управления, хранится без затраты энергии. Объем М. — несколько кубических сантиметров и менее. Обычно изготавливают группу (обойму) М. в единой плате. М. используются как аналоговые запоминающие устройства и как синапсы в моделях *нейронов*. В частности, именно так выполнена известная модель нейрона — *адалин*.

Мертвая зона — то же, что *зона молчания*.

Мертвая зона радиолокационной станции — наименьшее расстояние до цели, при котором она может быть обнаружена. Прием радиоволны, отраженной от цели, может начинаться не ранее того, как передатчик закончит посылку очередного импульса и *антенный переключатель* не переключит станцию на прием (см. *Радиодальномер*). Если длительность радиоимпульса, посылаемого станцией, обозначить $\tau_и$, а время переключения $t_{пер}$, то мертвая зона будет

$$D_{мин} = \frac{c\,(\tau_и + t_{пер})}{2},$$

где c — скорость распространения электромагнитной энергии. Например, если $\tau_и = 1$ *мксек* и $t_{пер} = 2$ *мксек*, то, полагая $c = 3 \times 10^8$ *м/сек*, находим:

$$D_{мин} = \frac{3 \cdot 10^8\,(1 + 2)\,10^{-6}}{2} = 450 \text{ м}.$$

Мерцание катода — нерегулярные колебания величины тока эмиссии *активированных катодов*. Колебания эти вызываются изменениями состояния активирующего слоя на поверхности катода: часть атомов данного слоя срывается с поверхности катода, и вместо них из толщи катода на его поверхность диффундируют другие атомы. При этом *работа выхода электронов* на отдельных малых участках поверхности катода все время изменяется, что приводит к нерегулярным колебаниям тока эмиссии около некоторого среднего значения. Процессы, вызывающие изменения состояния поверхности активированного катода, протекают сравнительно медленно, и колебания тока эмиссии, вызванные М. к., происходят со звуковыми частотами. М. к. приводит к появлению дополнительных *электрических флуктуаций* в выходных цепях электронной лампы (см. *Шумы приемника*). М. к. иначе называют фликкер-эффектом.

Метадин — *электромашинный усилитель* поперечного поля, по конструкции сходный с амплидином.

Металлическая проводимость — то же, что *электронная проводимость.*

Металлические изоляторы — *четвертьволновые линии* жесткой конструкции (обычно коаксиальные), замкнутые на конце. Их входное сопротивление (см. *Входное сопротивление длинной линии*) при длине волны λ, в четыре раза большей, чем длина линии l ($4l = \lambda$), очень велико. Следовательно, присоединение таких линий в какой-либо точке электрической цепи, в которой текут токи высокой частоты, соответствующие длине волны λ, никак не изменяет условий в этой цепи, и эти четвертьволновые линии можно применять вместо изоляторов, например для крепления фидеров, диполей и т. п.

Металлические лампы — электронные лампы с металлической (обычно стальной) оболочкой. М. л. бывают *разборные* и неразборные. Последние имеют сплошное стеклянное донышко, впаянное в кольцо из сплава «фернико» (сплав железа с никелем), которое сваривается с баллоном. Через стекло проходят выводы. Иногда вывод делается также в стекле, впаянном в отверстие наверху баллона. По сравнению со стеклянными М. л. имеют меньшие размеры, большие прочность и постоянство параметров, хорошую экранировку от внешних электрических полей (экраном является сам баллон).

Металло-керамическая лампа — триод с плоскими электродами, с кольцевыми или *дисковыми выводами* и с весьма малыми расстояниями между электродами. Подобно *маячковым лампам* М. л. может работать с колебательными контурами в виде отрезков *коаксиальных линий* в диапазоне дециметровых и сантиметровых волн. Обычное применение — генераторные лампы для генерирования мощностей не более нескольких ватт. Стенки баллона (они же служат изоляцией между дисковыми выводами электродов) выполнены из специальной керамики с малыми потерями в полях сверхвысоких частот, сплавленной с металлом дисковых выводов.

Метод электромеханических аналогий — метод расчета механических колебательных систем, основанный на сходстве формулировок основных физических законов и соответствующих им математических выражений, определяющих токи, протекающие в замкнутых электрических цепях, и скорости перемещения отдельных элементов механической системы. Так, например, электротехническому закону Кирхгофа — сумма приложенных к электрической цепи электродвижущих сил равна сумме падений напряжения в отдельных сопротивлениях, входящих в эту цепь, — соответствует механический закон Ньютона — сумма приложенных к механической системе сил равна сумме сил реакции системы. Электрические цепи характеризуются тремя основными параметрами — индуктивностью, емкостью и активным сопротивлением; механические системы — также тремя основными параметрами — массой, упругостью и трением. Активное электрическое сопротивление, так же как механическое трение, обусловливает необратимое преобразование соответственно электрической или механической энергий в тепловую и т. д.

Методы расчета электрических цепей, вытекающие из теории переменных токов (в первую очередь метод комплексных сопротивлений), оказались применимыми к методам расчета сложных механических колебательных систем. Многие электрические величины, характеризующие процессы, протекающие в электрических цепях, имеют аналогии в виде механических величин, характеризующих процессы, протекающие в механических системах. Эти математически аналогичные величины занимают одинаковые места в уравнениях, описывающих соответственно

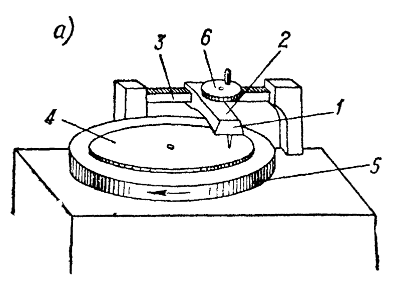
электрические и механические колебательные процессы. Это обстоятельство позволило установить ряд электромеханических аналогий, к числу которых относятся: индуктивность — масса, электрическая емкость — гибкость, активное сопротивление — трение, напряжение — сила, ток — скорость перемещения и т. д.

В технической акустике применяются устройства, в которых колебательное движение сообщается не твердым, а газообразным элементам подвижной системы. Последние, в отличие от твердых тел, составляющих механические элементы (массы, упругости, трения), называются акустическими элементами. Акустические элементы представляют собой газообразную (например, воздушную) среду, заключенную в объемах той или иной формы. Эти объемы ограничены неподвижными стенками с одним или несколькими отверстиями и представляют собой трубки, полости, щели и т. п.

Электрическим сопротивлением того или иного элемента электрической цепи называется отношение падения напряжения на данном элементе к протекающему току. Механическим сопротивлением называется отношение силы, действующей на данный элемент, и скорости его перемещения. Акустическим сопротивлением называется отношение давления, действующего на данный элемент, к объемной скорости перемещения газообразной среды. Объемной скоростью называется произведение скорости перемещения частиц газообразной среды на площадь поперечного сечения потока среды в данном элементе. Например, акустическое сопротивление трубки с открытыми концами будет равно скорости перемещения частиц среды в трубке, умноженной на площадь ее поперечного сечения.

Метровые волны — см. *Ультракороткие волны.*

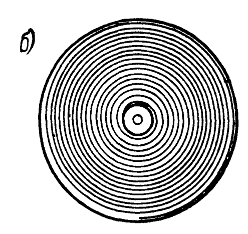
Механическая запись звука — система записи электрических сигналов в диапазоне *звуковых частот* путем вырезания бороздки на достаточно мягком материале. Записываемые электрические сигналы подаются с *микрофона* на усилитель записи, а затем на *рекордер*. Ток, проходящий по обмотке рекордера, вызывает колебания резца.



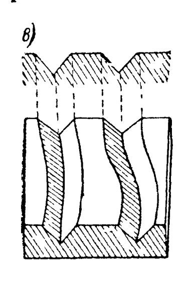
Станок для М. з. з. схематически показан на рис. *а*. Рекордер *1* укреплен на каретке *2*, равномерно перемещаемой с помощью электромотора и червячной передачи вдоль направляющих полозков *3*. Резец рекордера упирается в материал, на который наносится запись (*сигналоноситель*). Этот материал обычно имеет форму диска *4* и закрепляется на круглом столе *5*, равномерно вращаемом тем же мотором. Колесо *6* с рукояткой служит для установки каретки рекордера в исходное положение в начале записи.

Обычно запись производится от края к центру. При вращении диска и одновременном медленном перемещении рекордера вырезаемая бороздка имеет вид спирали (см. рис. *б*). При подаче записываемого сигнала резец совершает механические колебания в направлении радиуса диска. Такая запись называется поперечной. Небольшой участок диска (сильно увеличенный) с двумя соседними бороздками показан на рис. *в*. Запись производится на материале специального состава,

называемом воском. По окончании записи на поверхность диска наносится тонкий слой металла, а на него гальваническим способом наращивается достаточно толстый слой меди. После удаления воска



получается медный негативный отпечаток записи, называемый первым оригиналом. Вместо бороздок он имеем выпуклости. Ввиду того что один негатив не позволяет формовать большое количество граммофонных пластинок, с него гальваническим способом изготовляют несколько металлических позитивных копий записи (вторые оригиналы). С каждого позитива снова снимают несколько негативных отпечатков (третьи оригиналы), которые для повышения прочности покрывают слоем хрома и используют как матрицы при прессовании граммофонных пластинок, выпускаемых большим тиражом (нормальная скорость вращения 78 *об/мин*).



Широкое распространение получили так называемые долгоиграющие пластинки с микрозаписью ($33^1/_2$ *об/мин*), при которой наибольшая допустимая амплитуда колебаний резца уменьшена по сравнению с обычной записью. Благодаря этому соседние бороздки при записи располагаются ближе друг к другу, что увеличивает длину спирали (см. рис. *в*) и длительность записи. Еще большее увеличение длительности записи (и соответственно воспроизведения) достигается за счет снижения скорости вращения пластинки. Применение микрозаписи и замедленной скорости вращения пластинки позволило увеличить длительность звучания приблизительно в пять раз (при равных диаметрах пластинки).

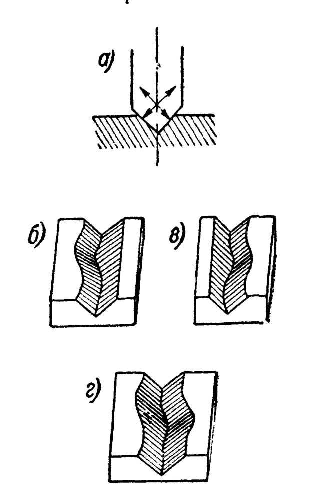
Малые амплитуды микрозаписи уменьшают *громкость* воспроизводимых сигналов, а следовательно, вызывают необходимость большого усиления при воспроизведении. Воспроизведение осуществляется с помощью *звукоснимателя*, усилителя и *громкоговорителя*. Микрозапись требует применения высокооднородных материалов при записи и для изготовления граммофонных пластинок. Зернистая структура поверхностей бороздки, обусловленная неоднородностью материала, вызывает шумы при воспроизведении. При слабом полезном сигнале и повышенном усилении эти мешающие шумы будут достаточно заметны.

Для воспроизведения микрозаписи применяются легкие звукосниматели с корундовыми или сапфировыми иглами, острие которых хорошо отшлифовано и точно соответствует стандартному профилю бороздки на пластинке.

Любители применяют нормальную запись на целлулоиде. Данную запись можно воспроизводить без дополнительной обработки, однако срок службы такой пластинки невелик и качество записи ниже обычного.

Кроме граммофонных пластинок с поперечной записью одной программы, имеются пластинки, у которых на одной боковой поверхности бороздки записаны сигналы правого канала, а на другой — левого канала *стереофонической записи звука*. Положение резца при записи и направления его основных движений показаны на рис. *а*. Запись сигналов правого и левого

каналов осуществляется на двух взаимно перпендикулярных стенках бороздки, расположенных под углом 45° к поверхности пластинки. Такая запись обозначается 45/45 или знаком ×. На рис. *б* изображена бороздка с записью сигнала только левого канала, а на рис. *в* — только правого. В данном случае рекордер имеет две обмотки. *Ток в одной обмотке вызывает запись* только на одной стенке бороздки, ток в другой обмотке — на другой стенке. При наличии тока в



обеих обмотках запись происходит на обеих стенках бороздки (см. рис. *г*). Запись содержит элемент как поперечной, так и *глубинной записи*. Для воспроизведения стереофонической записи применяются специальные звукосниматели с двумя обмотками.

Микроволны — термин, применяемый иногда для обозначения сантиметровых и миллиметровых радиоволн.

Микрозапись — см. *Механическая запись звука*.

Микроминиатюризация — направление технического прогресса, целью которого является существенное уменьшение габаритов, весов и потребления энергии аппаратуры, главным образом — электронной. От обычного объемного монтажа в радиоэлектронике все больше переходят к *печатным схемам*, а в последние годы появились такие конструкции, как модули, микромодули, пленочные микросхемы, твердые схемы. Микромодули представляют собой миниатюрные модуль*ные блоки, каждый из которых яв*ляется функционально законченным узлом — усилителем, триггером, мультивибратором и т. д. Микромодуль имеет размеры порядка 10×10×20 *мм* и менее при плотности размещения 10—20 деталей и более в 1 *см*³. Обычно микромодуль герметизирован и представляет собой крошечный блочок с торчащими из него кончиками — отводами. Еще бóльшую плотность монтажа имеют пленочные микроэлементы — до 60 деталей в 1 *см*³, а при создании многослойных пленочных структур — до 600 деталей в 1 *см*³. Толщина основного функционального элемента — пленки — исчисляется в них даже не микронами, а ангстремами.

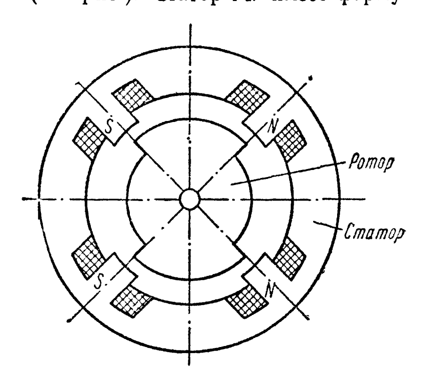
Успехи современной физики твердого тела позволили разработать функциональные элементарные узлы путем создания в полупроводниковом кристалле участков, которые по своим свойствам эквивалентны таким элементам радиоэлектроники, как сопротивления, конденсаторы и др. *Монтаж схемы*, грубо говоря, сводится к выращиванию кристалла с одновременным физическим воздействием на него, чтобы в локальных областях образовывались эквиваленты нужных функциональных элементов. Здесь возможна плотность «монтажа» 1000 деталей и более в 1 *см*³.

М., помимо собственно снижения размеров и веса с соответствующим уменьшением потребляемой энергии, характеризуется тенденцией внедрения новой, прогрессивной технологии и повышением надежности аппаратуры.

Микромодуль — *модуль* электронной аппаратуры в микроминиатюрном исполнении (см. *Микроминиатюризация*).

Микропрограммное управление — метод построения схемы *устройства управления* цифровой вычислительной машины, заключающийся в использовании идеи стандартных *подпрограмм*. М. у. дает возможность строить цифровые вычислительные машины с гибкой внутренней структурой. Например, благодаря М. у. можно изменять систему команд машины, приспосабливая ее наилучшим образом к особенностям решаемых задач.

Микросин — цилиндрический датчик для измерения углов рассогласования с поворотным ротором (см. рис.). Статор М. имеет форму



симметричного магнитопровода. Ротор — двухполюсный с дугой каждого полюса 90°. На каждом полюсе статора расположены по две катушки — первичная и вторичная. Включение первичных катушек — последовательное согласное, а вторичных — последовательное встречное. В нулевом положении каждый полюс ротора перекрывает по половине разноименных полюсов статора. Рабочий угол поворота ротора обычно небольшой, поэтому суммарное перекрытие остается неизменным. М. работает по принципу дифференциального трансформатора. Потоки, создаваемые первичной обмоткой, наводят в каждой паре противолежащих катушек вторичной обмотки одинаковые э. д. с., если площади перекрытия ротором статора одинаковы. При повороте ротора в любую сторону возникает напряжение вследствие перераспределения магнитных потоков, создаваемых первичной обмоткой. Фаза этого напряжения изменяется в зависимости от направления поворота ротора, а амплитуда пропорциональна углу отклонения ротора от начального положения.

Микросплавной транзистор — транзистор, изготовление которого сочетает в себе технологию *поверхностно-барьерного* и *сплавного транзисторов*. Сначала в исходной пластинке полупроводника (*1* на

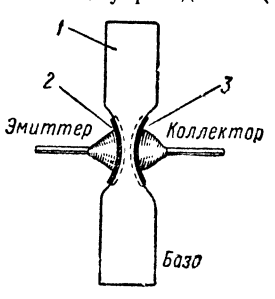
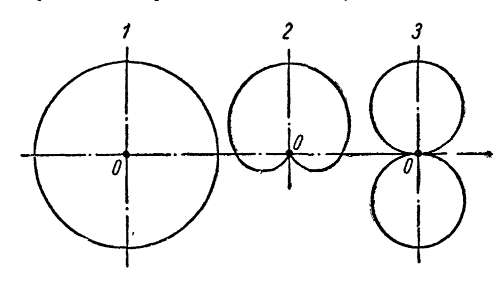


рис.) электрохимическим путем вытравливаются две лунки (*2*, *3*), затем в этих лунках «высаживаются» электролитическим способом тонкие слои примесного вещества, и в заключение производится вплавление этих примесей, в результате чего образуются сплавные эмиттерный и коллекторный переходы. В другой разновидности М. т. со стороны эмиттера дополнительно осуществляется диффузия примеси, создающая неравномерное, убывающее в направлении к коллектору, легирование базовой области. Такому транзистору, называемому микросплавным диффузионным, свойствен дрейфовый характер движения неосновных носителей через

область базы. М. т., особенно вторая его разновидность, представляет собой ценный усилительный прибор для диапазона сверхвысоких частот, а также хороший переключающий прибор для быстродействующих вычислительных и других импульсных устройств. М. т. пригоден для работы при малых мощностях.

Микрофон—прибор, превращающий звуковые колебания в электрические. М. имеет механическую подвижную систему и электрическую цепь. При воздействии звуковой волны механическая система приходит в колебательное движение, что вызывает электрическое напряжение на выходе М. Различные конструкции механических подвижных систем позволяют осуществлять различные способы воздействия на них звуковых волн. От этих способов зависит та или иная направленность микрофона, описываемая *полярной характеристикой.*



Типовые полярные характеристики различных М. приведены на рис. Характеристика в виде окружности *1* показывает отсутствие *направленности*, т. е. возможность принимать звуковые волны с любого направления; исполнители могут располагаться вокруг микрофона. Характеристика в виде кардиоиды *2* свидетельствует о возможности приема преимущественно с одной стороны микрофона, что удобно при передаче, например, с театральной сцены. Характеристика в виде «восьмерки» *3* (косинусоиды, построенной в полярных координатах) показывает возможность приема с двух противоположных сторон, что позволяет производить преимущественный прием двух источников звука. Выбор тех или иных микрофонов в зависимости от характера передачи производится *тонмейстером.*

В соответствии со способами преобразования механической энергии подвижной системы в электрическую М. разделяются на ряд систем. В настоящее время в системах *вещания* и *звуковом кино* наиболее употребимы *электродинамические* и *электростатические М.*, обладающие наиболее высокими качественными показателями. Менее распространены *пьезоэлектрические М.* и *электромагнитные.* Наихудшие качественные показатели, но наибольшую *чувствительность* имеют угольные микрофоны, применяемые в телефонных аппаратах.

Микрофонный трансформатор — повышающий низкочастотный трансформатор, включаемый между микрофоном и входом микрофонного усилителя для повышения даваемого микрофоном напряжения звуковой частоты.

Микрофонный усилитель — усилитель электрических сигналов, поступающих с *микрофона* и находящихся в диапазоне *звуковых частот.* В системах *вещания* и *звуковом кино* к качественным показателям М. у. предъявляются высокие требования. М. у. работает в широком *динамическом диапазоне* усиливаемых сигналов, который в дальнейшем сокращается *тонмейстером* или *автоматическим регулятором уровня.*

Микрофонный эффект — изменение анодного тока электронной лампы при воздействии на лампу механических толчков и колеба-

ний. Причиной М. э. являются вызванные механическими толчками или вибрацией колебания электродов лампы, в результате чего изменяются параметры лампы и ее анодный ток. Вследствие М. э. при сотрясении ламп усилителя в телефоне, включенном на выход усилителя, слышен характерный звон.

Микшер — то же, что *смеситель*.

Микширование изображений — постепенная смена одного изображения другим путем наложения сигналов от двух камер и плавной регулировки величины сигналов так, что сумма их не превышает уровня белого.

Миллиметровые волны — *электромагнитные волны* с длиной от долей миллиметра до 10 *мм*. Как и все *ультракороткие волны*, М. в. не могут распространяться далеко за пределы прямой видимости. Преимуществом М. в. по сравнению с другими ультракороткими волнами является возможность при сравнительно небольших размерах антенн получать очень узкие *диаграммы направленности*. Недостаток М. в. заключается в том, что они ослабляются при распространении в атмосфере из-за поглощения и *рассеяния волн* в самой атмосфере, дожде, тумане и т. д. Однако на некоторых участках диапазона М. в. это ослабление не столь велико, чтобы ими вообще нельзя было пользоваться. Их применяют в радиолокации, радионавигации и т. д., когда важно получить очень острые диаграммы направленности, но не требуется большой дальности действия. М. в. с длиной короче 1 *мм* называют также субмиллиметровыми.

Миниатюрные лампы — электронные лампы очень малых размеров, колбой которых служит стеклянная трубочка с внешним диаметром 10 или 6 *мм*. М. л. не имеют цоколя, а выводы их выполнены в виде тонких гибких проводничков, с помощью которых лампа включается в схему. М. л. используются в специальной радиоэлектронной аппаратуре небольших габаритов.

Минц Александр Львович (1895) — конструктор и строитель крупнейших советских радиостанций и уникальных ускорителей заряженных частиц, Герой Социалистического Труда, академик, лауреат Ленинской и дважды — Государственной премии, Золотой медали имени А. С. Попова, директор научно-исследовательского института АН СССР.

Еще будучи студентом М. изобрел «Устройство для парализования действий неприятельской радиостанции», в котором впервые применялась частотная модуляция. По окончании Московского университета в 1918 г. М. вступил в ряды Красной Армии, где командовал радиодивизионом Первой Конной Армии, участвовал в операциях на Кавказском, Польском и Крымском фронтах. С 1922 г. — начальник радиолаборатории Высшей военной школы связи в Москве, где разработал первую ламповую радиостанцию (АЛМ), принятую на вооружение Красной Армии.

С 1924 г. М. руководил строительством, а затем работой Сокольнической радиостанции Научно-исследовательского института Красной Армии и проводил многочисленные опыты по радиотелефонии. Через эту радиостанцию осуществлялись первые радиовещательные передачи, первые опыты трансляции опер и боя часов с Кремлевской башни, первые передачи граммофонных пластинок с помощью звукоснимателя.

Со второй половины 1925 г. в Сокольниках под руководством М. строится ряд телефонных коротковолновых передатчиков, а в 1926 г. началась регулярная передача радиовещательных программ на коротких волнах. Регулярного радиовещания на коротких волнах в то время нигде в Европе не было.

Постройка М. ряда радиопередатчиков в Сокольниках была завершена пуском в 1926 г. двадцатикиловаттной радиостанции имени А. С. Попова, крупнейшей в Европе. Это первенство перешло затем к стокиловаттной радиостанции ВЦСПС (1928 г.), построенной в рекордно короткий срок под руководством М., направленного для работы в радиопромышленность.

В 1928 г. М. возглавил Бюро мощного радиостроения, которое проектировало и строило все мощные радиостанции и радиоцентры СССР. 1 мая 1933 г. начала работу самая мощная в мире (500 *квт*) радиостанция имени Коминтерна, проектированием и строительством которой руководил М. В ней он применил систему генераторных блоков, мощности которых складывались в общем промежуточном антенном контуре.

В 1936—1938 гг. под руководством А. Л. Минца и И. Х. Невяжского сооружена стодвадцатикиловаттная коротковолновая вещательная станция РВ-96.

Для этой станции М. предложил новый тип антенн с жесткими вибраторами, допускающих направленную передачу под широким углом.

В годы Великой Отечественной войны М. руководил строительством новой радиостанции, которая до сих пор остается одной из самых мощных в мире.

С 1946 г. М. работает по строительству ускорителей заряженных частиц.

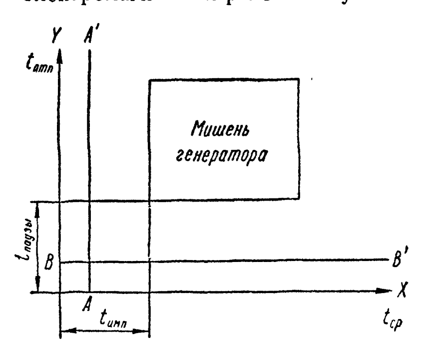
Коллективом талантливых советских ученых под руководством М. были спроектированы наиболее мощный в мире фазотрон на 680 млн. электроновольт (*эв*) и синхрофазотрон на 10 млрд. *эв*, разработана электронная и радиотехническая аппаратура для строящегося самого мощного протонного синхротрона на 70 млрд. *эв*.

М. — автор 110 научных и технических трудов и 48 изобретений и усовершенствований. Основные труды его относятся к теории и методам расчета систем радиотелефонной модуляции, разработке методов получения больших мощностей радиовещательных станций, новых систем направленных антенн, разборных мощных генераторных ламп, новых методов радиоизмерений и применению радиоэлектроники в ускорителях элементарных частиц.

Много времени М. уделял воспитанию молодых радиоспециалистов, будучи профессором ряда ленинградских втузов, и с первых лет радиолюбительства помогал его развитию: руководил радиокружками, выступал в качестве консультанта по радио, написал несколько десятков популярных статей и ряд брошюр.

Широкая общественная деятельность М. получила высокое признание советских радиоспециалистов — он избран почетным членом Общества имени А. С. Попова.

Мишени реле — области, позволяющие судить о четкой работе электромагнитных реле в импульс-



ных режимах с генератором импульсов. На рис. приведено построение М. р. Для этого по оси X откладывается время срабатывания данного реле, а по оси Y — время отпускания. Область, ограниченная слева линией AA', а снизу линией BB', и будет М. р., так как

все возможные случаи работы данного реле охвачены этой областью. Генератор, дающий импульсы с определенной длительностью и паузами, должен иметь мишень внутри М. р., и по тому, насколько близко подходят границы мишени генератора к границам М. р., можно судить о надежности работы схемы генератор — реле. Наиболее надежный режим работы будет такой, когда отношение длительности импульса генератора к времени срабатывания реле равно отношению времени паузы к времени отпускания реле.

Мишень — полупроводящая или непроводящая поверхность электрода передающей или накопительной трубки, на которой образуется и с которой считывается *зарядный (потенциальный) рельеф* при бомбардировке ее электронами считывающего пучка.

Многоборье радистов — соревнования, начатые в Польше, где они получили широкое распространение как прикладной вид спорта, способствующий разносторонней подготовке радистов. В СССР проводятся с 1960 г. В многоборье входят следующие упражнения: прием пяти буквенных и пяти цифровых радиограмм со скоростями от 90 до 130 знаков в минуту; передача буквенных и цифровых радиограмм с наивысшей скоростью; марш по азимуту на 5 *км* с нагрузкой в 12 *кг*; обмен тремя буквенными и тремя цифровыми радиограммами в радиосети (радиостанции должны располагаться друг от друга на расстоянии не менее 3 *км*). По такой программе проводятся чемпионаты СССР, а также многоборье радистов на первенство среди социалистических стран.

Многокамерный магнетрон — см. *Магнетрон.*

Многоканальная радиосвязь — система радиосвязи, в которой один и тот же передатчик ведет одновременно несколько передач различных видов (телеграфных, телефонных, телевизионных и т. д.). Один из методов М. р. заключается в том, что передатчик модулируется одновременно несколькими колебаниями, частоты которых выше звуковых («надтональные частоты»). Каждое из этих колебаний, в свою очередь, промодулировано сигналами одной из передач. На приемной станции колебания *боковых полос*, соответствующих различным надтональным частотам, разделяются с помощью фильтров. Для М. р. применяются также методы *импульсной радиосвязи.*

Многоканальные системы телеуправления — системы, использующие для передачи команд несколько каналов связи между приемным и передающим пунктами. По этим каналам осуществляется однократная посылка импульсов, обеспечивающая необходимое воздействие на исполнительные устройства. В одноканальных системах телеуправления команды передаются по одному общему каналу связи. Поэтому импульсы, образующие команду, необходимо последовательно разделять во времени. При таком способе передачи команд канал связи поочередно соединяется с определенными устройствами передающего и приемного пунктов с помощью синхронно переключающихся распределителей.

М. с. т. применяются только при сравнительно небольших расстояниях между пунктами (до 1—2 *км*), так как с увеличением расстояния стоимость линий связи становится очень высокой. В труднодоступных местах и при большой дальности для М. с. т. используют каналы радиосвязи (см. *Радиотелеуправление*).

Многокаскадный усилитель — *усилитель*, имеющий несколько *каскадов усиления.*

Многоконтурные автоматические системы — автоматические системы с несколькими взаимными и обратными связями. Дополнительные обратные связи вводят в одно-

контурную систему для повышения устойчивости и качества процесса регулирования. Эти связи создают внутри цепи регулирования дополнительные замкнутые контуры. Каждая из дополнительных обратных связей изменяет уравнения и характеристики группы охватываемых звеньев. При этом можно значительно уменьшить инерционное запаздывание и улучшить быстродействие всей системы.

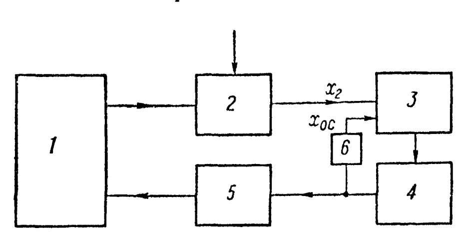
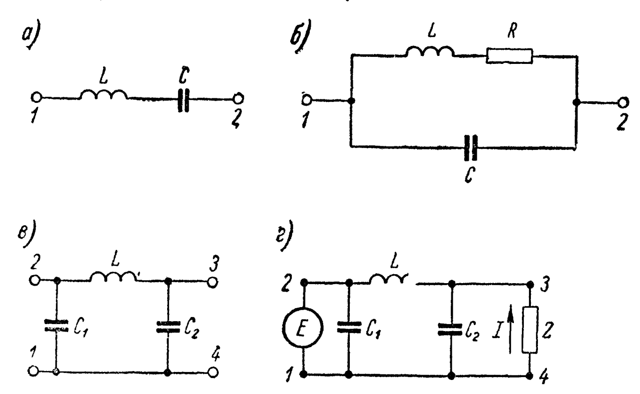


Схема простейшей двухконтурной системы приведена на рис., где *1* — объект регулирования, *2* — чувствительный элемент, *3* — усилитель, *4* — исполнительное устройство, *5* — регулирующий орган, *6* — дополнительная обратная связь. Действие дополнительной обратной связи приводит к возникновению на входе усилителя результирующего сигнала, равного разности двух сигналов $x_2 - x_{о.с}$. Таким образом, эта связь прекращает действие усилителя раньше, чем отклонение регулируемой величины от заданного значения станет равным нулю. Этим можно устранить влияние инерции исполнительного устройства, колебательный характер процесса регулирования и т. д. Дополнительные обратные связи могут уменьшить погрешность регулирования и исключить влияние возмущающих воздействий.

Многополюсники — электрические цепи, имеющие четное число выводов (полюсов), при помощи которых они могут присоединяться к другим электрическим цепям или приборам. Наложив некоторые ограничения на свойства элементов, образующих цепи М., можно установить известные закономерности между напряжениями и токами, задаваемыми на некоторых полюсах М. (воздействием на М.), и напряжениями и токами на других полюсах (реакция М. на данное воздействие). Ограничения, наиболее часто накладываемые на свойства М., это, во-первых, линейность элементов М. и, во-вторых, отсутствие в нем источников энергии. Этих ограничений оказывается достаточно для того, чтобы устано-



вить некоторые общие свойства М. с тем или иным числом пар полюсов.

Простейшим примером М. может служить всякое активное сопротивление, два конца которого являются полюсами; это сопротивление представляет собой двухполюсник. Двухполюсником является также колебательный контур с двумя выводами, т. е. последовательный (рис. *а*) или параллельный (рис. *б*) контур. Примером четырехполюсника может служить звено фильтра (рис. *в*). Некоторые более сложные цепи удобно рассматривать как М. с четным числом полюсов, превышающим четыре.

На примере пассивного линейного четырехполюсника проиллюстрируем характер тех общих закономерностей, которые могут быть установлены между напряжениями и токами на входе и выходе четырехполюсника. Одна из наиболее важных среди этих закономерностей состоит в следующем: включим между полюсами *1* и *2* источник э. д. с. E (рис. *г*), который вызовет в нагрузке Z, включенной между полюсами *3* и *4*, ток I. Тогда, на основании теории М., можно утверждать, что, переключив источник э. д. с. E на клеммы *3* и *4*, а нагрузку Z на клеммы *1* и *2*, получим между клеммами *1* и *2* ток I. Это утверждение называется *принципом взаимности*, играющим важную роль в теории антенн.

Многопрограммное вещание по проводам — см. *Проводное вещание*.

Многосеточные лампы — см. *Многоэлектродные лампы*.

Многоточечные системы регулирования и контроля — устройства для централизованного регулирования и контроля большого числа однотипных объектов. Примером таких устройств является автоматическое регулирование и контроль температуры многочисленных пресс-форм в цехах пластмасс приборостроительных и радиотехнических предприятий. Применение большого количества регуляторов и средств контроля связано с увеличением стоимости оборудования и эксплуатационных расходов.

М. с. р. к. представляют специализированные машины дискретного действия. Для ввода в них данных входные сигналы *датчиков*, установленных на отдельных объектах (точках), необходимо унифицировать и преобразовать в цифровой ход, соответствующий принятой системе регистрации. Одним из основных узлов М. с. р. к. являются коммутаторы, осуществляющие поочередное подключение первичных и вторичных преобразователей к преобразователям непрерывных величин в дискретные. Коммутация может выполняться с постоянным или зависимым циклом обхода всех первичных преобразователей. В первом случае коммутатор управляется часовым механизмом, последовательно подключающим все датчики к системе через постоянные, предварительно заданные интервалы времени. При зависимой или избирательной коммутации датчик подключается к системе только тогда, когда контролируемый параметр начинает отклоняться от заданного. Для определения моментов подключения требуются вспомогательные устройства. Преобразование измеренных непрерывных величин в дискретные осуществляется одним преобразователем для большого числа датчиков. Для цифровой регистрации служат электрифицированные пишущие машинки.

В М. с. р. к. используется *двухпозиционное регулирование*, а также непрерывное, с экстраполяторами и запоминающими устройствами на входах каждого объекта. Современные М. с. р. к. позволяют контролировать и управлять до 300 точками при работе с объектами, процессы в которых протекают достаточно медленно.

Многоэлектродные лампы — электронные лампы, имеющие, помимо катода, управляющей сетки и анода, дополнительные электроды, обычно сетки. М. л. называют по числу электродов: тетрод — лампа с четырьмя электродами, пентод — лампа с пятью электродами и т. д. Иногда М. л. называют по числу сеток, например, пентагрид — пятисеточная лампа, т. е. лампа с семью электродами (катодом, пятью сетками и анодом), или гептод.

В тетроде и пентоде дополнительные сетки служат для улучшения усилительных свойств лампы, и к ним подводятся только постоянные напряжения. При большом числе сеток некоторые из них выполняют иную роль. Например, в гептоде, применяемом в качестве *смесительной лампы*, имеется вторая управляющая сетка, к которой подводится вспомогательное напряжение от гетеродина.

Множительное устройство — узел или блок моделирующей вычислительной машины, реализующий операцию умножения n величин. Чаще всего М. у. производит умножение только двух величин x и y. М. у. может представлять собой специализированное устройство, в котором умножение осуществляется так называемым прямым методом. Если же для выполнения этой операции используется сочетание других устройств, то мы имеем дело с косвенным методом умножения. Например, на логарифмической линейке умножение заменяется суммированием десятичных логарифмов в соответствии с формулой

$$xy = 10^{(\lg x + \lg y)}$$

При наличии устройства для возведения в квадрат умножение выполняется с помощью следующего алгебраического тождества:

$$4xy = (x + y)^2 - (x - y)^2.$$

М. у., использующие прямые методы умножения, подразделяются на механические, электромеханические и электронные. Как правило, такие М. у. достаточно сложны, поэтому в больших моделирующих машинах универсального назначения умножение выполняется каким-либо косвенным методом.

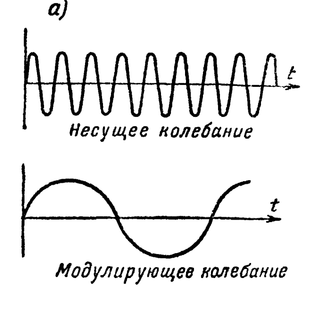
Моделирование — исследование объекта любой природы с помощью модели, основанное на методах теории подобия. Различают информационное и физическое М. Под информационным М. обычно понимают аналитическое (математическое) исследование на бумаге или с использованием универсальных цифровых вычислительных машин. Физическая модель — это электрическая или какая-либо другая схема, часто очень сложная или уменьшенная (или увеличенная) копия исследуемого объекта, сохраняющая подобие геометрических размеров. М. используется очень давно в разных областях человеческой деятельности. Известны модели атомного ядра в физике, кораблей — для гидродинамических исследований, самолетов и ракет — в аэродинамике, модели гигантских плотин и др. В *кибернетике* под М., как правило, понимается только информационное М. при почти всегда резком качественном различии между природой модели и моделируемым прообразом. Так, например, моделируются некоторые социальные процессы с помощью универсальных быстродействующих цифровых вычислительных машин. Известны действующие модели, выполненные в виде специализированных машин непрерывного действия, для моделирования процессов откачки нефти из нефтеносного пласта через некоторое число скважин, что экономит очень большие средства за счет быстрого выбора оптимального варианта размещения скважин с учетом их работы на много лет вперед.

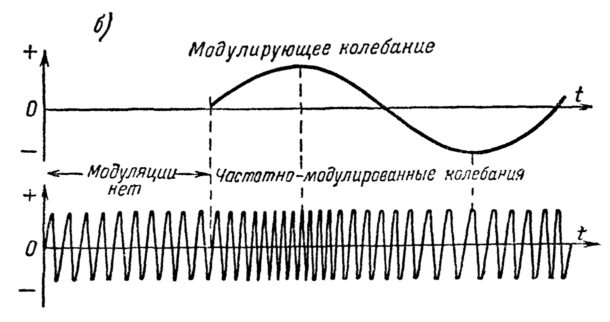
Рядом ученых и инженеров успешно моделировались механизмы условных рефлексов; это дало возможность создать несколько забавных игрушек (черепахи Г. Уолтера, мышь К. Шеннона, белка Э. Беркли и др.), полезных для изучения некоторых возможностей автоматов. В рамках *бионики* создано большое число моделей глаза лягушки, глаза голубя, ушной улитки и др. Особенно широко ведутся работы по М. нейронов.

В технике широко используется моделирование автоматических устройств, производственных процессов, различных объектов на *аналоговых* и *цифровых вычислительных машинах.*

М. позволяет обходиться без дорогостоящего и длительного по времени натурного эксперимента. Это может дать, в частности, большой экономический эффект, например, при М. производственных процессов.

Моделирующие вычислительные машины — см. *Аналоговые вычислительные машины.*



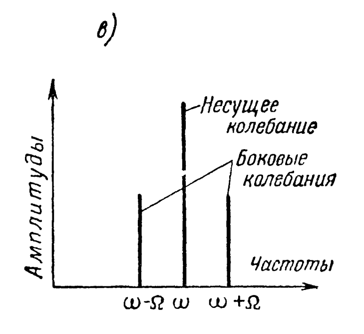


Модулированные колебания — колебания, характер которых изменяется с периодом, значительно бо́льшим, чем период самих колебаний. Различают колебания, модулированные по амплитуде, когда со временем изменяется их амплитуда (см. рис. *а*), модулированные по частоте, когда изменяется их частота (см. рис. *б*; на рис. *а* и *б*, для наглядности, период модуляции взят малый), и, наконец, модулированные по фазе, когда изменяется фаза колебаний (в простейшем случае модуляция по частоте и модуляция по фазе приводят к одинаковому виду М. к.). Для специальных целей иногда применяются более сложные типы М. к., когда одновременно изменяются и амплитуда и частота колебаний. Для передачи сигналов используются преимущественно амплитудно-модулированные (АМ) и частотно-модулированные (ЧМ) колебания.

Спектр М. к. состоит из ряда гармонических колебаний различ-

ной частоты. Кроме колебаний несущей угловой частоты ω, которые создает передатчик в отсутствие *модуляции*, в составе М. к. имеются гармонические колебания так называемых боковых частот; их амплитуды, частоты и фазы зависят от типа модуляции и характера модулирующего сигнала.

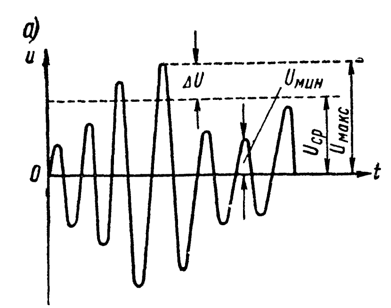
В простейшем случае амплитудной модуляции, когда модулирующим сигналом является гармоническое колебание с угловой частотой Ω (она называется угловой



частотой модуляции), в составе М. к. содержатся только два боковых колебания с частотами ω—Ω и ω + Ω (см. рис. *в*). При негармоническом модулирующем сигнале появляются боковые колебания с частотами ω + 2Ω, ω — 2Ω, ω + 3Ω, ω — 3Ω, ..., обусловленные высшими гармониками модулирующего колебания, имеющими частоты 2Ω, 3Ω, ... Таким образом, полоса частот М. к. при амплитудной модуляции равна удвоенной наивысшей частоте гармоник, содержащихся в модулирующем колебании. В колебаниях, модулированных по частоте (или по фазе), даже при гармоническом законе модуляции в спектре М. к. имеется бесконечное множество колебаний боковых частот: ω + Ω, ω — Ω, ω + 2Ω, ω — 2Ω, ω + 3Ω, ... Однако в этом случае амплитуды колебаний боковых частот заметно убывают по мере удаления от несущей частоты, и практически играет заметную роль конечное число боковых колебаний, тем меньшее, чем меньше *девиация частоты* и чем меньше частота модуляции.

Модулирующий электрод (модулятор, цилиндр Венельта) — электрод с круглым сечением, расположенный перед катодом электронно-лучевой трубки, управляющий током луча путем воздействия на поле у катода (подобно действию управляющей сетки в электронной лампе). М. э. входит в состав *электронного прожектора* трубки. М. э. работает при отрицательном напряжении относительно катода. На М. э. подаются сигналы изображения — в *кинескопах* и напряжения, управляющие яркостью осциллограмм, — в *осциллографах*.

Модулометр — прибор для измерения *глубины модуляции*, или, иначе, коэффициента модуляции $m = \frac{\Delta U}{U_{ср}}$ (см. рис. *а*), т. е. отношения отклонения амплитуды сигнала от средней ее величины к этой средней величине



Одним из простых методов определения m является метод осциллографа, на экране которого можно получить изображение модулированного колебания (см. рис. *а*). Однако замерить ΔU и $U_{ср}$ весьма трудно, поэтому пользуются сле-

дующим расчетом:

$$\Delta U = \frac{U_{\text{макс}} - U_{\text{мин}}}{2};$$

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{макс}} + U_{\text{мин}}}{2},$$

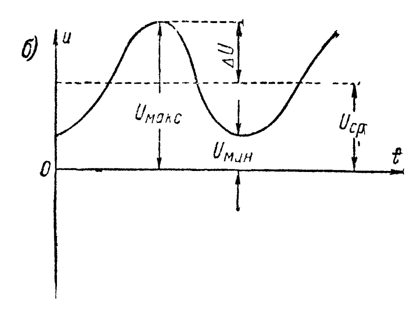
следовательно,

$$m = \frac{U_{\text{макс}} - U_{\text{мин}}}{U_{\text{макс}} + U_{\text{мин}}}.$$

Измерение $U_{\text{макс}}$ и $U_{\text{мин}}$ произвести много проще, чем $U_{\text{ср}}$ и ΔU. Обычно m выражают в процентах:

$$m = \frac{U_{\text{макс}} - U_{\text{мин}}}{U_{\text{макс}} + U_{\text{мин}}} \cdot 100\ [\%].$$

Другой метод измерения коэффициента модуляции m называется методом двух вольтметров. После



детектирования сигнала в М. получается напряжение, по форме повторяющее огибающую модулированного сигнала (см. рис. *б*). Это напряжение подается на два ламповых вольтметра — один с линейной зависимостью, показания которого пропорциональны среднему значению напряжения $U_{\text{ср}}$, а второй — пиковый, показания которого пропорциональны $U_{\text{макс}}$. Коэффициент модуляции можно, очевидно, представить как

$$m = \frac{U_{\text{макс}} - U_{\text{ср}}}{U_{\text{ср}}} \cdot 100\ [\%].$$

Если откалибровать сигнал так, чтобы на линейном вольтметре стрелка установилась на определенном делении, то пиковый можно отградуировать непосредственно в значениях m, выраженных в процентах. Существуют модулометры, построенные на других принципах измерения m.

Модуль — унифицированный функциональный узел, включающий в себя набор стандартных деталей и выполняющий самостоятельную функцию в электронном устройстве. В модульном исполнении все чаще изготовляются такие узлы, как *триггер*, *линия задержки*, *однокаскадный усилитель*, различные *логические элементы* и т. д. Применение М. особенно целесообразно в аппаратуре с многократно повторяющимися взаимозаменяемыми схемными узлами, например в цифровых вычислительных машинах. При этом удается применять более совершенную технологию, автоматизировать производство, повысить надежность М. и устройств.

Модулятор — устройство, с помощью которого производится *модуляция* колебаний. При амплитудной модуляции М. должен изменять амплитуду колебаний высокой частоты в соответствии с изменениями модулирующего сигнала. В этом случае в состав М. входит усилитель модулирующих колебаний (например, усилитель низкой частоты). Его выходное напряжение, воздействуя на лампу генератора или усилителя колебаний высокой частоты, изменяет их амплитуду, и тогда колебания высокой частоты оказываются промодулированными по амплитуде. При частотной модуляции М. должен изменять частоту высокочастотных колебаний в соответствии с изменениями модулирующего сигнала. Для этого в М. используется, например, *реактивная лампа*, внутреннее сопротивление которой является реактивным и изменяет свою величину под действием модулирующего напряжения. Эта лампа присоединена к колебательному контуру модулируемого генератора

и изменяет частоту его колебаний. Применяются и другие более сложные модуляционные устройства для частотной модуляции.

Модуляционные характеристики — графики, характеризующие работу *модулятора*. При амплитудной модуляции М. х. изображает зависимость амплитуды высокочастотных колебаний на выходе генератора от величины модулирующего напряжения. Для того чтобы модуляция не вносила искажений в передачу, М. х. должна иметь прямолинейный участок и модулятор должен работать на этом участке.

Модуляция — изменения, вносимые в характер колебаний и происходящие более медленно, чем сами колебания. В радиотехнике М. колебаний высокой частоты применяется для передачи сигналов. Изменения в характере колебаний передатчика, вносимые *модулятором*, соответствуют передаваемым сигналам — звукам, телевизионным сигналам изображения и т. д. В результате получаются *модулированные колебания*, которые излучаются в виде модулированных радиоволн и создают в приемнике колебания с тем же характером М. Посредством *детектирования* в приемнике модулированные колебания высокой частоты превращаются снова в сигналы, подобные тем, какие подводились к передатчику.

Модуляция проводимости — явление в полупроводниковых приборах с *электронно-дырочным переходом* (диодах, транзисторах), заключающееся в том, что при больших плотностях прямого тока через *p—n* переход неосновные носители, вводимые из низкоомной части полупроводника в высокоомную (обычно называемую базой), увеличивают проводимость базы ввиду обусловленного этим повышения концентрации носителей в ней. Режимы, при которых возникает М. п., называют также высокими уровнями инъекции. Значение прямого тока, приводящее к проявлению М. п., зависит от концентрации примесей в базе (т. е. от ее удельного сопротивления), от площади *p—n* перехода и, если база тонкая (меньше диффузионной длины неосновных носителей), — от толщины базы. На М. п. основано действие некоторых полупроводниковых приборов (см., например, *Двухбазовый диод*).

Модуляция ширины базы (в транзисторе), или эффект Эрли, — изменение ширины базы при изменении величины обратного напряжения, приложенного к коллекторному переходу. М. ш. б. обусловлена зависимостью толщины *запорного слоя* от приложенного к нему напряжения. При увеличении обратного напряжения электроны в *n*-области и дырки в *p*-области сильнее оттягиваются от *p—n* перехода и толщина запорного слоя возрастает. Распространение границы запорного слоя в область базы приводит к уменьшению ширины рабочей части базовой области. Явление М. ш. б. обусловливает присущую транзисторам внутреннюю обратную связь, так как от ширины базы зависит входное сопротивление транзистора.

Мозаика — совокупность изолированных друг от друга большого числа фотокатодов на *мишени иконоскопа*.

Молекулярная схема (твердая схема, интегральная схема) — сверхминиатюрный радиоэлектронный узел или устройство, изготовляемое с помощью новейших технологических процессов в виде единой пластинки с конструктивно неразделенными элементами. Сопротивления, конденсаторы, транзисторы и другие элементы М. с. создаются путем диффузии или вплавления необходимых веществ в нужных участках объема исходной пластинки (обычно из кремния) или путем напыления, травления через соответствующие маски, фо-

толитографской печати, термической и механической обработки — на поверхности пластинки. Техника изготовления М. с. в настоящее время делает первые шаги, но уже сейчас она позволяет в сотни раз уменьшить размеры многих радиоэлектронных устройств и является весьма перспективной технологией высокоавтоматизированного производства узлов наиболее сложных радиотехнических систем.

Молекулярный генератор — устройство, в котором атомы или молекулы какого-либо вещества излучают радиоволны определенной частоты, соответствующей одной из спектральных линий, свойственных молекулам или атомам данного вещества (см. *Радиоспектроскопия*). Так как частота спектральной линии отличается высоким постоянством, то М. г. являются генераторами весьма постоянной частоты, что позволяет их применять в качестве высокоточных эталонов частоты и в *атомных часах*.

Молекулярный усилитель — усилитель колебаний сверхвысоких частот, основанный на использовании законов поглощения и излучения электромагнитных волн молекулами, в спектре которых содержатся спектральные линии, лежащие в диапазоне сверхвысоких частот (см. *Радиоспектроскопия*). Длина волны, поглощаемой или излучаемой молекулой, определяется разностью уровней энергии, которой обладает молекула в том или ином состоянии. Чем больше разность уровней, тем выше частота поглощаемой или излучаемой волны. Переходя с некоторого более высокого уровня энергии на более низкий, молекула излучает электромагнитную волну определенной частоты, обладающую определенной порцией энергии. С другой стороны, находясь на более низком из этих уровней, молекула может поглотить волну той же частоты с такой же порцией энергии и перейти на более высокий уровень.

Если молекула обладает более чем двумя, например тремя, состояниями, которым соответствуют разные уровни энергии, то она может излучать и поглощать волны разной длины, соответствующие разностям энергии между этими тремя различными уровнями. Пусть, например, на молекулы действует электромагнитная волна с длиной λ_1, соответствующая переходу с самого низкого уровня энергии на самый высокий. Тогда молекулы будут поглощать волну с длиной λ_1 и переходить на самый высокий уровень. При этом станет возможным переход молекул со среднего уровня на самый низший, так как число молекул, находящихся на низшем уровне, уменьшилось за счет перехода части их на самый высший уровень. Если на молекулы будет действовать еще другая электромагнитная волна с длиной λ_2, частота которой соответствует тому же переходу со среднего уровня на самый низший, то эта волна будет способствовать таким переходам. Но при этих переходах молекулы излучают ту же волну с длиной λ_2. В результате этого излучения молекул энергия волны с длиной λ_2 будет усиливаться. Таким образом, применяя более короткую волну для возбуждения молекул («волна подкачки»), можно получить усиление принимаемой более длинной волны λ_2.

Для получения трех состояний молекул с нужным уровнем энергии могут быть применены различные методы. В частности, требуемые три состояния молекул и условия перехода из одного состояния в другое могут быть созданы в молекулах некоторых твердых тел, находящихся при достаточно низкой температуре и в достаточно сильном постоянном магнитном поле. Таким путем были созданы первые М. у., примененные для целей усиления радиосигналов (так называемые парамагнитные усилители). Их основное преимущество перед

всеми другими усилителями состоит в том, что вследствие очень низкой температуры, при которой работает усилитель (около 4° выше абсолютного нуля, для чего применяется охлаждение жидким гелием), *флуктуации*, вызванные тепловым движением, в нем очень ослаблены, и поэтому собственные шумы М. у. в десятки и даже сотни раз меньше *шумов приемников*, в которых применяются электронные лампы.

Снижение уровня собственных шумов соответственно улучшает чувствительность приемника. Поэтому в приемнике с М. у. достигнута чувствительность, пока недостижимая ни в каком другом типе приемника. М. у. строятся преимущественно для диапазона коротких дециметровых и сантиметровых волн, так как осуществить М. у. для других участков диапазона несколько труднее. Однако трудности эти не принципиальные, и они вполне могут быть преодолены.

Молетроника — сокращенное обозначение молекулярной электроники, в рамках которой физические свойства тел на уровне межмолекулярных и внутримолекулярных процессов и явлений используются для создания различных функциональных устройств радиоэлектроники. Одна из главных целей М. — *микроминиатюризация* электронных схем, когда целое функциональное устройство, состоящее из ряда отдельных узлов, выполняется в виде единого кристалла полупроводникового или другого материала. В перспективе открывается возможность методами М. выращивать «в колбе» схему усилителя, радиоприемника и других устройств по принципу, близкому к выращиванию кристалла из пересыщенного раствора, причем в толще выращиваемого кристалла под специальным воздействием формируется та структура, которая позволяет кристаллу выполнять заданные функции усиления, приема и т. д.

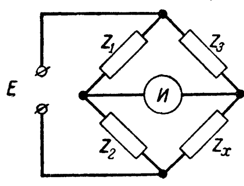
Моноскоп («лжетрубка») — специальная передающая телевизионная трубка, в которой на *мишени* нанесено изображение (например, тест-таблица) с помощью графита, обладающего меньшим коэффициентом *вторично-электронной эмиссии*, чем мишень. При развертке считывается сигнал изображения.

Монохромное (черно-белое) телевидение — телевидение в одном *цвете*. Сигналы М. т. стремятся делать пропорциональными *яркости элементов изображения*. Прием М. т. может осуществляться на *кинескоп* с любым цветом свечения экрана. Однако чаще всего цвет свечения делают белым или голубоватым.

Монте-Карло метод — численный метод решения задач, основанный на *моделировании* случайных событий. Название метода происходит от г. Монте-Карло в княжестве Монако, известного своими игорными домами. М. м. получил широкое распространение с появлением быстродействующих вычислительных машин, так как требует выполнения большого числа элементарных операций. Достоинством М. м. является простота программы, недостатком — низкая точность решения, составляющая 5—10%.

Морзе код — см. *Телеграфная азбука*.

Мост (или мостик) — прибор для измерения сопротивлений, емкостей и индуктивностей (см. рис.).



В плечи М. включены сопротивления (активные или реактивные), причем три из них: Z_1, Z_2 и Z_3 заранее известны. Четвертое плечо содержит измеряемое (неизвестное) сопротивление Z_x. В одну из диаго-

налей М. включается э. д. с. E, а в другую — чувствительный индикатор тока *И*.

М. с питанием постоянным током обычно имеют в качестве индикатора гальванометр. Измерение емкостей и индуктивностей производится с помощью переменного тока соответствующей частоты. При определенных соотношениях между сопротивлениями плеч М. ток в диагонали, в которую включен индикатор, отсутствует (М. сбалансирован). В случае М. на постоянном токе это достигается при условии

$$\frac{R_x}{R_3} = \frac{R_2}{R_1},$$

или

$$R_x R_1 = R_2 R_3,$$

откуда

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}.$$

Для баланса М. на переменном токе, помимо аналогичного соотношения между сопротивлениями

$$\frac{Z_x}{Z_3} = \frac{Z_2}{Z_1},$$

необходимо еще выполнение равенства

$$\varphi_x + \varphi_1 = \varphi_2 + \varphi_3,$$

где φ_1, φ_2, φ_3 и φ_x — углы сдвига фаз между напряжением и током в соответствующих плечах.

Мощность — работа, производимая в течение 1 *сек*. Электрическая М. — работа, производимая электрическими силами за 1 *сек* (см. *Работа электрических сил*). М. в цепях постоянного тока

$$P = UI,$$

где U — напряжение на концах цепи, а I — ток в цепи. Для переменного тока М. зависит от сдвига фаз φ между напряжением и током; она равна:

$$P = UI \cos\varphi,$$

где U и I — *действующие значения переменного напряжения и тока* в цепи, а $\cos\varphi$ — косинус угла сдвига фаз между напряжением и током.

Так как $\cos\varphi \leqslant 1$, то М. переменного тока не может быть больше, чем вольт-амперы в цепи. Если цепь обладает только активным сопротивлением, то сдвиг фаз равен нулю, $\cos\varphi = 1$ и потребляемая М. равна произведению напряжения на ток. Если же цепь, кроме того, обладает емкостью или индуктивностью, то потребляемая М. меньше, чем произведение UI. В этом случае необратимо потребляемая М. определяется только *активной составляющей тока*. Ее называют активной М. *Реактивная составляющая тока* определяет ту М., которую в течение четверти периода тока цепь потребляет, а в течение другой четверти периода отдает обратно источнику; ее называют *реактивной М*.

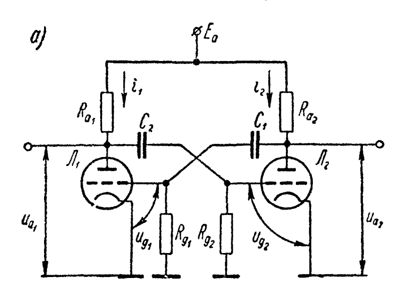
Мощные транзисторы — транзисторы, допускающие рассеивание значительной мощности (обычно более 1—3 *вт*) и потому способные усиливать, генерировать или коммутировать достаточно мощные электрические сигналы. Отличительной особенностью конструкции М. т. является возможность его установки на радиаторе, улучшающем отвод тепла и тем самым предотвращающем перегрев М. т. Наиболее сложную проблему составляет создание М. т. для работы на высоких частотах (от единиц мегагерц и выше), так как необходимое для высокочастотных транзисторов уменьшение размеров электронно-дырочных переходов приводит к повышению удельной мощности на единицу объема, выделяемой в районе переходов, и к значительному местному перегреву рабочего участка пластинки полупроводника. Эта трудность частично преодолевается в современных высокочастотных М. т. применением *кремния*, использованием многоструктурной конструкции (на одной пластинке изготовляется несколько

менее мощных транзисторов, соединяемых параллельно) и другими специальными приемами.

Муар-эффект — ложные полосы (разводы), получаемые при передаче решетки или сетки, структура которых сравнима со структурой телевизионного *растра*. М. представляет собой «биения» между решеткой и растром. Огибающая этих биений и создает М. Когда полоски решетки совпадают со строками растра, получаются белые сигналы; когда они попадают в промежутки между строками — сигналы от темных и светлых полосок получаются одинаково серыми.

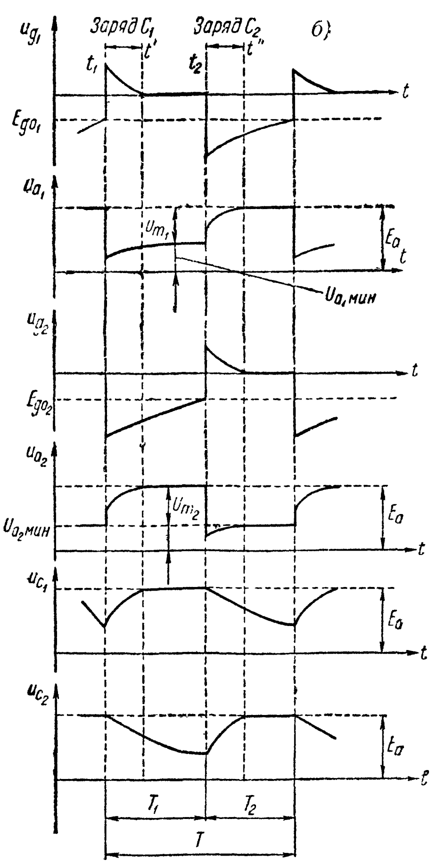
Мультивибратор — релаксационный генератор импульсов, представляющий собой двухкаскадный усилитель, замкнутый в петлю положительной обратной связи. По режиму работы различают *автоколебательные* и *ждущие* М. В качестве усилительных элементов могут быть использованы электронные лампы и транзисторы, соответственно чему различают ламповые и транзисторные М.

Мультивибратор автоколебательный — мультивибратор, не обладающий состояниями устойчивого



равновесия и поэтому генерирующий периодическую последовательность импульсов.

На рис. *а* приведена основная схема лампового М. а. Основные физические процессы в этой схеме иллюстрируются временными диаграммами, представленными на рис. *б*. Прежде всего покажем, что приведенная схема не обладает состояниями устойчивого равновесия. Действительно, можно себе представить такое состояние схемы,



когда конденсаторы заряжены до некоторых постоянных напряжений, напряжения на сетках ламп равны нулю и обе лампы открыты. Однако это умозрительное состояние равновесия схемы неустойчиво: достаточно малейшего отклонения токов или напряжений от равновесных состояний, чтобы схема пе-

решла в состояние, когда одна из ламп заперта.

Так, например, пусть в результате каких-либо случайных причин (флуктуации токов лампы, напряжений на ее электродах и т. д.) возрос анодный ток i_1 лампы $Л_1$; это приведет к возрастанию напряжения на сопротивлении R_{a1} и уменьшению анодного напряжения u_{a1} лампы $Л_1$ и, следовательно, к уменьшению сеточного напряжения u_{g2} лампы $Л_2$, что, в свою очередь, вызовет уменьшение тока i_2, рост анодного напряжения u_{a2} лампы $Л_2$ и рост напряжения u_{g1} сетки $Л_1$; последнее приведет к дальнейшему росту тока i_1 и т. д.

Таким образом, в схеме происходит лавинообразное нарастание тока i_1 и уменьшение тока i_2; если коэффициент усиления двухкаскадного усилителя, равный произведению коэффициентов усиления обоих каскадов, больше единицы, этот процесс развивается лавинообразно (теоретически при отсутствии паразитных параметров — с бесконечно большой скоростью) и длится до момента запирания лампы $Л_2$, когда прекращается действие положительной обратной связи.

Начиная с момента t_1 схема находится в состоянии квазиравновесия, в котором лампа $Л_2$ заперта, лампа $Л_1$ — открыта. В этом состоянии конденсатор C_2 разряжается и ток разряда i_{p2}, проходящий через R_{g2}, создает отрицательное напряжение u_{g2}, сохраняющее запертое состояние лампы $Л_2$. По мере разряда конденсатора падает разрядный ток i_{p2} и растет напряжение u_{g2} на сетке $Л_2$. В момент t_2 напряжение u_{g2} достигает порогового уровня E_{g0}, при котором отпирается лампа $Л_2$, и в схеме вновь возникает новый лавинообразный процесс: рост анодного тока i_2 лампы $Л_2$ приводит к уменьшению u_{a2} и уменьшению u_{g2}; последнее вызывает уменьшение анодного тока i_1 лампы $Л_1$, увеличение u_{a1} и увеличение u_{g2}, что приводит к дальнейшему росту тока i_2 и т. д. Этот процесс завершается запиранием лампы $Л_1$ и полным отпиранием лампы $Л_2$; схема переходит во второе состояние квазиравновесия, в котором конденсатор C_1 разряжается через сопротивление R_{g1}.

Конденсатор C_1 в первом состоянии квазиравновесия зарядился до уровня E_a по цепи: источник $+E_a$, R_{a2}, C_1, промежуток сетка — катод $Л_1$ (сопротивление R_{g1}). Именно зарядом C_1 обусловлены выбросы и последующее постепенное установление на осциллограммах в промежутке $t_1 \div t_2$: по мере заряда C_1 уменьшается ток заряда и уменьшается до нуля напряжение u_{g1}; пока u_{g1} больше нуля, ток лампы $Л_1$ больше, а анодное напряжение $Л_1$ меньше тех значений, которых они достигают при $u_{g1} = 0$; вместе с тем ток заряда C_1 создает падение напряжения на R_{a2}, и анодное напряжение u_{a2} лампы $Л_2$ меньше E_a, и только после завершения заряда C_1 напряжение u_{a2} становится равным E_a.

Начиная с момента t_2, когда происходит опрокидывание схемы во второе состояние квазиравновесия, вместе с разрядом C_1 происходит заряд C_2 по цепи: источник $+E_a$, R_{a1}, C_2, промежуток сетка — катод $Л_2$. Заметим, что длительность заряда конденсаторов C_1 или C_2 определяется величиной постоянной времени $C_1 (R_{a2} + R_{g1})$ или $C_2 (R_{a1} + R_{g2})$, а разряд конденсаторов происходит с постоянной времени, примерно равной C_1R_{g1} или C_2R_{g2}; но сопротивления R_{a1} и R_{a2} много меньше R_{g1} и R_{g2}, и поэтому длительность заряда конденсаторов много меньше длительности состояний квазиравновесия.

Как видно из осциллограмм, на анодах ламп формируются импульсы почти прямоугольной формы. Амплитуда импульсов на аноде лампы $Л_1$ равна $E_a - u_{a1мин}$, где $u_{a1мин}$ — остаточное напряжение на аноде $Л_1$ при $u_{g1} = 0$, а ампли-

туда импульсов на аноде $Л_2$ равна $E_a - u_{a2\text{мин}}$.

Длительности T_1 — первого состояния квазиравновесия ($Л_1$ — открыта, $Л_2$ — заперта) и T_2 — второго состояния квазиравновесия ($Л_1$ — заперта, $Л_2$ — открыта) равны:

$$T_1 = C_2 R_{g2} \ln \frac{I_1 R_{a1}}{|E_{g02}|};$$

$$T_2 = C_1 R_{g1} \ln \frac{I_2 R_{a2}}{|E_{g01}|},$$

где E_{g01} и E_{g02} — потенциалы отпирания $Л_1$ и $Л_2$; I_1 и I_2 — анодные токи $Л_1$ и $Л_2$ при напряжении на сетках, равном нулю.

Период автоколебаний равен:

$$T = T_1 + T_2 = C_1 R_{g1} \times \ln \frac{I_2 R_{a2}}{|E_{g01}|} + C_2 R_{g2} \ln \frac{I_1 R_{a1}}{|E_{g02}|}.$$

Длительность формируемых импульсов и период автоколебаний можно изменять изменением емкостей C_1 и C_2 и сопротивлений R_{g1} и R_{g2}.

В мультивибраторах наиболее широко используются двойные триоды 6Н1П, 6Н2П, 6Н3П, 6Н15П, 6Н8С. Сопротивления в анодных цепях выбирают небольшими (1—20 *ком*), емкости C_1 и C_2 — порядка нескольких сотен пикофарад, сопротивления R_{g1} и R_{g2} — порядка нескольких десятков или сотен килоом.

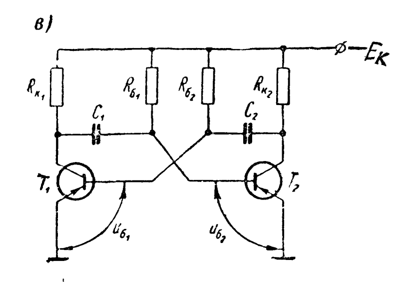
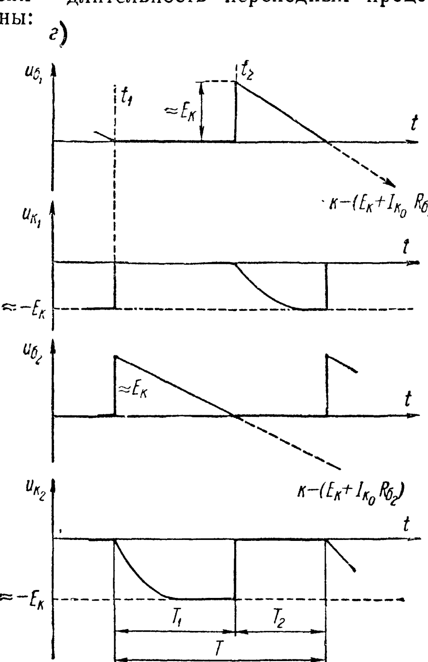


Схема М. а., на транзисторах типа p—n—p и соответствующие временные диаграммы (осциллограммы) напряжений показаны на рис. *в* и *г*. При этом не учитывается длительность переходных процессов при запирании или отпирании транзисторов, имеющих здесь такой же характер, как и в транзисторном ключе. Процессы в транзисторном М. а. принципиально не отличаются от процессов в ламповом М. а.



В первом состоянии квазиравновесия транзистор T_1 открыт и насыщен, транзистор T_2 заперт и емкость C_2 разряжается, а емкость C_1 заряжается. При этом напряжение $u_{б2}$ по мере разряда C_2 убывает и стремится к уровню $-E_k$ (точнее к уровню $-E_k - I_{k0} R_{б2}$, так как обратный ток базы запертого транзистора практически равен I_{k0}). Как только напряжение $u_{б2}$

достигнет нулевого уровня, отпирается транзистор T_2, восстанавливается действие положительной обратной связи и в схеме возникает лавинообразный процесс опрокидывания: транзистор T_1 закрывается, транзистор T_2 отпирается и насыщается, и схема переходит во второе состояние квазиравновесия. Длительности состояний квазиравновесия (и формируемых импульсов) равны:

$$T_1 = C_2 R_{б2} \ln\left(2 - \frac{I_{к0} R_{б2}}{E_к + I_{к0} R_{б1}}\right);$$

$$T_2 = C_1 R_{б1} \ln\left(2 - \frac{I_{к0} R_{б1}}{E_к + I_{к0} R_{б2}}\right)$$

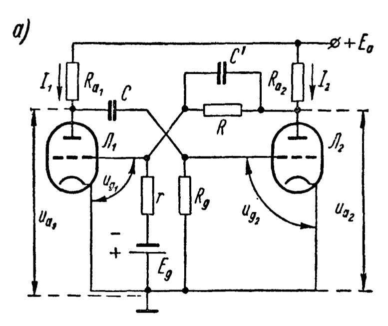
и длительность периода автоколебаний:

$$T = T_1 + T_2 = C_2 R_{б2} \times \\ \times \ln\left(2 - \frac{I_{к0} R_{б2}}{E_к + I_{к0} R_{б2}}\right) + \\ + C_1 R_{б1} \ln\left(2 - \frac{I_{к0} R_{б1}}{E_к + I_{к0} R_{б1}}\right).$$

Длительности формируемых импульсов и период автоколебаний можно изменять путем изменения емкостей C_1 и C_2 и сопротивлений $R_{б1}$ и $R_{б2}$; заметим, что период автоколебаний T зависит от тока $I_{к0}$, а последний резко изменяется с изменением температуры. Для температурной стабилизации T следует выбрать сопротивления $R_{б1}$ и $R_{б2}$ небольшими, так чтобы $I_{к0} R_{б1}$ и $I_{к0} R_{б2}$ были много меньше $E_к$. В этом случае можно пренебречь величинами $\frac{I_{к0} R_б}{E_к + I_{к0} R_б}$ по сравнению с 2 и считать

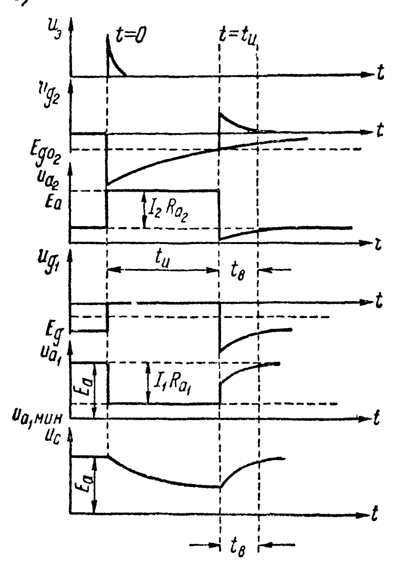
$$T \approx C_1 R_{б1} \ln 2 + C_2 R_{б2} \ln 2 \approx \\ \approx 0{,}7\,(C_1 R_{б1} + C_2 R_{б2}).$$

Мультивибратор ждущий — мультивибратор, работающий в *ждущем* (или так называемых заторможенном, однотактном, одностабильном) режиме. В этом режиме мультивибратор представляет собой спусковое устройство с одним устойчивым состоянием равновесия. Внешний запускающий импульс вызывает скачкообразный переход М. ж. в новое электрическое состояние, которое не является устойчивым. В этом состоянии, называемом состоянием квазиравновесия, в схеме М. ж. происходят в течение некоторого промежутка времени медленные изменения (разряд конденсатора), завершающиеся обратным скачком и последующим восстановлением исходного устойчивого состояния равновесия. В результате М. ж. генерирует только один импульс определенной длительности при воздействии на него одного запускающего импульса.



Основные применения М. ж. — получение определенного временного интервала (начиная от нескольких микросекунд и больше), начало и конец которого фиксируются передним и задним фронтами генерируемого импульса; расширение импульсов; деление частоты повторения импульсов и др. Схема М. ж. на лампах приведена на рис. *а*, а временные диаграммы напряжений, иллюстрирующие его работу, — на рис. *б*. В исходном состоянии лампа $Л_2$ открыта (так как конденсатор C заряжен до напряжения E_a и напряжение u_{g2} на сетке $Л_2$ равно нулю), а лампа $Л_1$ заперта. Последнее обеспечивается соответствующим выбором параметров (R, r, E_g), при котором напряжение u_{g1} на сетке $Л_1$ отрицательно и по величине больше

потенциала E_{g0} отпирания лампы. При этом схема находится в состоянии *устойчивого равновесия*, в котором она может оставаться сколь угодно долго. Запуск М. ж. осуществляется аналогично запуску триггера введением либо отрицательного импульса в цепь



сетки открытой лампы $Л_2$, либо положительного импульса в цепь сетки $Л_1$. В результате запуска отпирается ранее запертая лампа $Л_1$, в ней появляется анодный ток и снижается ее анодное напряжение; спад этого напряжения передается через конденсатор C на сетку лампы $Л_2$, что приводит к уменьшению ее анодного тока и росту анодного напряжения; последнее приводит к росту напряжения на сетке $Л_1$ и дальнейшему росту ее анодного тока и т. д. Этот процесс опрокидывания развивается лавинообразно и завершается полным запиранием лампы $Л_2$ и отпиранием лампы $Л_1$.

После опрокидывания в схеме М. ж. наступает режим квазиравновесия. В этом режиме конденсатор C разряжается через выходное сопротивление открытой лампы $Л_1$ и сопротивление R_g (см. рис. *а*); по мере разряда конденсатора уменьшается абсолютная величина разрядного тока и напряжение u_{g2} на сетке лампы $Л_2$ растет (убывает по абсолютной величине). Когда напряжение u_{g2} достигнет потенциала отпирания E_{g0}, лампа $Л_2$ отпирается и в схеме возникает лавинообразный процесс *обратного опрокидывания*: растет анодный ток $Л_2$, падает анодное напряжение $Л_2$, что приводит к падению напряжения на сетке $Л_1$, к падению анодного тока $Л_1$, росту анодного напряжения $Л_1$, в результате чего происходит дальнейший рост сеточного напряжения $Л_2$ и т. д. Этот процесс завершается полным запиранием лампы $Л_1$ и отпиранием $Л_2$. После обратного опрокидывания в схеме восстанавливается исходное состояние устойчивого равновесия, заключающееся в основном в заряде конденсатора C сеточным током лампы $Л_2$ до значения E_a.

Цепь заряда конденсатора C такова: $+E_a$, R_{a1}, C, участок сетка — катод лампы $Л_2$ (сопротивление R_g) — «земля» (т. е. $-E_a$). Во время заряда конденсатора C напряжение на сетке $Л_2$ больше нуля, и этим объясняются выбросы напряжений на аноде $Л_2$ и сетке $Л_1$ в процессе восстановления. Кроме того, по мере заряда конденсатора C и уменьшения сеточного тока лампы $Л_2$, протекающего через сопротивление R_{a1}, уменьшается падение напряжения на последнем и растет анодное напряжение $Л_1$ до уровня E_a. Из временны́х диаграмм видно, что после запуска М. ж. на аноде $Л_1$ формируется импульс отрицательной полярности, а на аноде $Л_2$ — положительной. Длительность $t_и$ этих импульсов определяется длительностью разряда конденсатора C от исходного уровня (E_a) до уровня, при котором отпирается лампа $Л_2$ и начинается обратное опрокидывание; длитель-

ность эта равна:

$$t_и = CR_g \ln \frac{I_1 R_{a1}}{|E_{g0}|},$$

где I_1 — анодный ток лампы $Л_1$. Из формулы видно, что изменять длительность импульса можно путем изменения емкости C и сопротивления R_g. Если в качестве R_g применить потенциометр, то можно в определенных пределах плавно изменять длительность импульса.

Для получения нескольких диапазонов длительностей формируемых импульсов можно применить несколько конденсаторов различной емкости; переход с одного диапазона на другой осуществляется переключением конденсаторов.

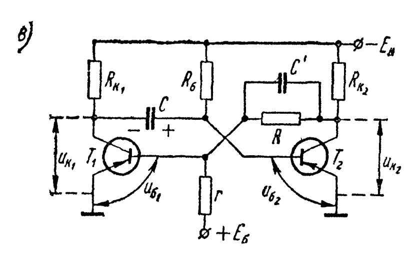
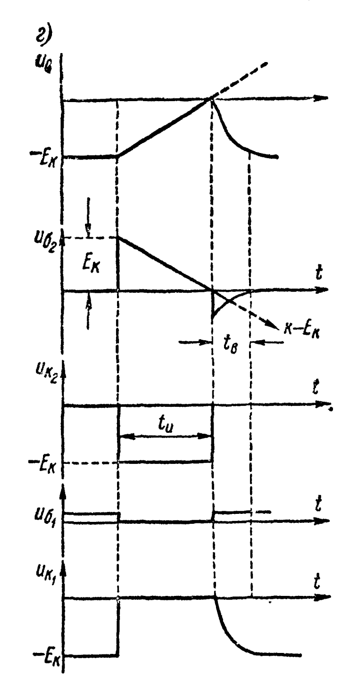


Схема М. ж. на транзисторах с коллекторно-базовыми связями и соответствующие временные диаграммы напряжений, иллюстрирующие работу схемы, приведены на рис. *в* и *г*. При этом на диаграммах не учитывается конечная длительность фронтов, обусловленная процессами опрокидывания и переходными процессами запирания и отпирания транзистора. Эти процессы носят здесь такой же характер, как и в схеме *транзисторного ключа*.

В исходном состоянии транзистор T_1 заперт смещением $E_б$, а транзистор T_2 открыт, причем для повышения стабильности параметры схемы выбираются так, чтобы открытый транзистор находился в насыщенном состоянии. Коллекторное напряжение $u_{к1}$ закрытого транзистора равно почти $E_к$ (точнее $u_{к1} = -E_к + I_{к0}R_к$, где $I_{к0}$ — неуправляемый тепловой ток *транзистора*; при достаточно малом $R_к$ величина $I_{к0}R_к$ много меньше $E_к$ даже при самой высокой температуре в заданном температурном



диапазоне и $u_{к1} \approx -E_к$); коллекторное напряжение $u_{к2}$ насыщенного транзистора T_2 почти равно нулю (точнее $u_{к2} = 0{,}05 \div 0{,}2$ *в*). Напряжение $u_{б2}$ на базе транзистора T_2 также мало ($u_{б2} \approx 0{,}1 \div 0{,}3$ *в*), конденсатор C заряжен до напряжения, почти равного $-E_к$. Если подать положительный запускающий импульс в базу T_2, то в схеме возникнет лавинообразный процесс опрокидывания, аналогичный процессу опрокидывания в схеме лампового ждущего мультивибратора: повышение потенциала базы T_2 приведет к уменьшению коллекторного тока и коллектор-

него напряжения T_2 (последнее по абсолютной величине растет), что вызовет уменьшение напряжения на базе T_1, вследствие чего этот транзистор откроется, его коллекторное напряжение возрастет (уменьшится по абсолютной величине), еще больше возрастет напряжение на базе T_2 и т. д.; в результате транзистор T_2 закроется, а T_1 — откроется и перейдет в режим насыщения.

После опрокидывания схема переходит в так называемое состояние квазиравновесия, в котором конденсатор C стремится перезарядиться примерно от уровня $-E_к$ до уровня $+E_к$ по цепи: $-E_к$, $R_б$, C, насыщенный транзистор T_1, «земля» (т. е. $+E_к$). По мере перезаряда конденсатора C возрастает напряжение $u_{б2}$ на базе T_2 (по величине это напряжение практически равно напряжению на конденсаторе C); когда напряжение $u_{б2}$ достигает примерно нулевого уровня, отпирается транзистор T_2 и в схеме вновь возникает лавинообразный процесс, завершающийся обратным опрокидыванием — транзистор T_1 запирается, транзистор T_2 отпирается и насыщается. После этого происходит относительно быстрый процесс заряда конденсатора C до уровня $-E_к$ через сопротивление $R_{к1}$ и восстанавливается исходное устойчивое состояние равновесия. Длительность формируемых на коллекторах импульсов примерно равна

$$t_и \approx CR_б \ln\left(2 - \frac{I_{к0}R_б}{E_к + I_{к0}R_б}\right).$$

Если $I_{к0}R_б$ много меньше $E_к$, что обеспечивается выбором относительно небольшой величины $R_б$ (это сопротивление не должно быть слишком большим и потому, что открытый транзистор T_2 должен быть насыщен, что возможно при $R_б \leqslant \beta R_{к2}$), то можно пренебречь величиной $\frac{I_{к0}R_б}{E_к + I_{к0}R_б}$ по сравнению с 2 и считать

$$t_и \approx CR_б \ln 2 \approx 0{,}7CR_б.$$

Изменением C (переключением конденсаторов различной емкости) и $R_б$ (плавным изменением сопротивления потенциометра) можно изменять в широких пределах длительность формируемого импульса.

Мультивибратор заторможенный — см. *Мультивибратор ждущий*.

Мультивибратор многофазный — *мультивибратор*, имеющий число устойчивых и квазиустойчивых состояний, превышающее два.

Мультипрограммирование — способ организации работы *цифровой вычислительной машины*, при котором на ней одновременно решается несколько задач. М. обеспечивает более эффективное использование как машины в целом, так и ее отдельных блоков. Это достигается тем, что при возникновении задержки в решении какой-либо задачи, например вследствие ожидания вводимых данных, машина автоматически переключается на решение следующей задачи, а вся информация, необходимая для продолжения прерванной задачи, сохраняется. Новая задача решается также до возникновения задержки или до устранения задержки в предшествующей задаче и т. д. Переход от задачи к задаче может происходить как автоматически, так и по сигналам оператора с пульта управления. Наряду с лучшим использованием оборудования М. облегчает отладку *программ* и решение некоторых задач, требующих непосредственной связи человека с работающей программой.

Мультиустойчивость — способность некоторых сложных кибернетических систем автоматически выправлять случайные и непредвиденные ошибки, допущенные при их синтезе. Подобные системы обладают свойствами самонастройки, близкими к способностям живых существ приспосабливаться к из-

менению условий внешней среды. Для того чтобы заставить систему автоматически искать устойчивый режим, отбрасывая неустойчивые, достаточно ввести в нее переключающее устройство и задать определенный контур переключения. Последовательность переключений может быть совершенно произвольной. При таких переключениях должны изменяться некоторые параметры системы, причем определенным их значениям должны соответствовать устойчивые состояния системы.

Мягкий режим (в ламповом генераторе) — см. *Самовозбуждение колебаний.*

Н

Наведенная проводимость — мгновенное уменьшение проводимости тонких (0,1—1 *мк*) диэлектрических пленок под влиянием «прострела» их быстрыми электронами с энергией порядка 10^3—10^4 *эв*. Под влиянием Н. п. проводимость пленки увеличивается в десятки раз. В результате ток сквозь пленку может возрасти (усилиться) до ста раз по сравнению с возбуждающим Н. п. током. Н. п. используется в *накопительных трубках (графеконах)* и телевизионных передающих трубках *(эйбиконах)*.

Надежность — свойство какого-либо изделия, машины, аппарата, системы и т. д. выполнять свои функции в течение заданного промежутка времени, сохраняя свои основные эксплуатационные параметры. Основным понятием Н. является отказ, под которым подразумевают полную или частичную утрату работоспособности. Отказы разделяются на внезапные и постепенные. Постепенные отказы возникают при постепенном изменении тех или иных рабочих характеристик и параметров. Внезапные отказы не связаны с постепенными изменениями параметров. Количественные характеристики Н. связаны обычно с отказами. Отказ — случайное событие, и потому характеристики Н. получают из рассмотрения случайной природы отказов.

Основными статистическими характеристиками, определяющими надежность, являются частота и опасность (интенсивность) отказов. Частота отказов представляет собой отношение числа отказавших изделий в единицу времени к общему числу испытуемых изделий. Опасность отказов может быть выражена отношением числа отказавших изделий в единицу времени к числу изделий, безотказно работающих к началу рассматриваемого промежутка времени.

Н. изделия однозначно связана с частотой или опасностью отказов. В приложении к системам автоматического управления, электро- и радиосвязи, радиолокации, телевидения и т. д. Н. связывается с характером передачи информации. Отказ у таких устройств означает то или иное искажение или нарушение передаваемой информации.

Эффективным средством повышения надежности является резервирование, под которым подразумевают введение в состав изделия устройств, заменяющих отказавшие. В зависимости от характера резервируемых устройств различают поэлементное, групповое и посистемное резервирование. Степень увеличения надежности какого-либо изделия при его резервировании зависит от способа включения резерва. Возможны три способа резервирования: «горячее», «холодное» и облегченное. При первом способе резервные элементы (группы, системы) включены параллельно основным и находятся в рабочем состоянии. При возникновении отказов основных элементов не происходит перерывов в работе изделия, но изнашиваются резервные элементы. Во втором случае резервные элементы находятся в отключенном состоянии.

Для их включения необходимо иметь устройства сигнализации отказов и переключающие устройства. Облегченное резервирование предусматривает резервирование только наименее надежных элементов, причем возможно ступенчатое переключение отдельных резервных элементов из «холодного» в «горячее» состояние.

При разработке новых изделий важно выбирать оптимальное резервирование, которое зависит от характера эксплуатации. Н. радиоэлектронных устройств существенно зависит от Н. отдельных элементов (сопротивлений, конденсаторов, ламп, триодов и т. д.). Основной характеристикой Н. элементов является интенсивность отказов. Эта величина обычно исчисляется в процентах при заданном числе часов работы (1000 или 100 *ч*). Интенсивность отказов для различных типов элементов изменяется в широких пределах и зависит от температуры окружающей среды, влажности, барометрического давления, механического ускорения, вибраций, ударов и т. д. Для определения интенсивности отказов каких-либо элементов необходимо знать интенсивность отказов этих элементов в нормальных условиях и влияние на интенсивность отказов различных эксплуатационных воздействий.

Характеристики, необходимые для расчетов Н., получают при помощи специальных испытаний и обработки статистических данных о поведении элементов в условиях эксплуатации и при хранении. К специальным испытаниям относятся: а) испытания на долговечность и б) опытная и подконтрольная эксплуатация. При испытании на долговечность достаточно большое число изделий подвергается длительным испытаниям в определенных условиях. Во время испытаний периодически проверяются основные параметры изделий и выявляются отказавшие.

Надененко диполь — *диполь*, обе половины которого представляют собой системы параллельных проводов, расположенных по цилиндрической поверхности сравнительно большого диаметра. *Волновое сопротивление* Н. д. много меньше, чем у одиночного провода, что облегчает согласование входного сопротивления антенны с волновым сопротивлением питающего ее антенного фидера (см. *Согласованная нагрузка*). В отличие от обычного диполя Н. д. является широкодиапазонным.

Накал катода — нагрев катода электровакуумного прибора до температуры, необходимой для нормальной *термоэлектронной эмиссии*. Н. к. осуществляется током накала, пропускаемым непосредственно через катод или через специальный подогреватель. В первом случае Н. к. называют прямым, во втором — косвенным. Катоды с косвенным накалом называют также подогревными (их предложил впервые акад. А. А. Чернышев). Каждый катод рассчитан на работу при определенной температуре, для поддержания которой необходим определенный ток накала. Повышенный против нормального Н. к. ускоряет разрушение катода и часто приводит к гибели прибора. При пониженном Н. к. катод не дает требуемой термоэлектронной эмиссии и в некоторых случаях также ускоряется разрушение катода.

Накопитель — блок *запоминающего устройства*, где хранится цифровая (двоичная) информация. Если *запоминающий элемент*, на котором построен Н., может хранить только одну двоичную единицу информации, то весь Н. содержит столько элементов, какова *емкость* запоминающего устройства. Отдельные запоминающие элементы обычно объединяются в матрицы, а из матриц составляется Н. Для записи или считывания в заданном запоминающем элементе предназначена система управляю-

щих проводов, которые прошивают Н. Управляющие токи, требуемые для записи и считывания, создаются электронной частью схемы запоминающего устройства, которая, кроме того, выполняет функции дешифрации адреса и временной развертки цикла работы запоминающего устройства. В технической литературе иногда употребляют термин Н. в смысле «запоминающее устройство». Часто Н. называют кубом памяти или числовым кубом.

Накопительные трубки — специальные электронно-лучевые трубки с одним или двумя *электронными прожекторами* и *мишенью*, на которой записывается (накапливается) *потенциальный* (и зарядный) *рельеф* какого-либо, например телевизионного или радиолокационного, сигнала. Затем этот сигнал может быть считан наподобие того, как это осуществляется в телевизионных передающих трубках. Запись и считывание в двухлучевых Н. т. могут производиться одновременно. При этом порядок и скорость развертки записывающего и считывающего лучей могут быть различными.

Основные типы Н. т. — *графекон* и *потенциалоскоп*. В качестве Н. т. могут также служить передающие телевизионные трубки с накоплением заряда. В таком режиме работы фоточувствительная поверхность должна быть закрыта от доступа света, а луч поочередно выполняет функции записи (его интенсивность модулируется) и считывания.

Направленное действие антенн — излучение или прием антенной электромагнитных волн преимущественно в некоторых определенных направлениях (а не равномерно во всех направлениях). Направленным действием в той или иной мере обладает всякая антенна. Например, обычные антенны длинноволновых и средневолновых радиостанций излучают равномерно во все стороны вдоль поверхности Земли, но почти не излучают вверх под большим углом к горизонту. (Это простейшее Н. д. а. обусловлено влиянием Земли). Однако в некоторых случаях выгодно получить наибольшее излучение в пределах небольшого угла в горизонтальной плоскости (для станций, работающих с одним определенным корреспондентом) или под некоторым углом к горизонту (для коротковолновых станций, работающих пространственным лучом, — см. *Короткие волны*).

Одним из способов осуществления Н. д. а. является применение сложных антенн, состоящих из ряда отдельных *вибраторов*. Электромагнитные поля, создаваемые такими вибраторами, в некоторых направлениях совпадают по фазе и усиливают друг друга; в этих направлениях получается максимум излучения. В других направлениях поля вибраторов находятся в противофазе и ослабляют друг друга; в этих направлениях будет минимум или даже полное отсутствие излучения (см. *Интерференция радиоволн*). Чтобы *сдвиги фаз* между полями отдельных вибраторов были различны в разных направлениях, расстояния между вибраторами должны быть сравнимы с длиной излучаемой волны. Используя большее число вибраторов, можно получить большое Н. д. а. (см., например, *Синфазные антенны*).

Н. д. а. в вертикальной плоскости, т. е. излучение под определенным углом к горизонту, обусловленное влиянием Земли, существенно зависит от высоты антенны над Землей. В результате интерференции радиоволн, распространяющихся от антенны непосредственно и отраженных от Земли, излучение в вертикальной плоскости под разными углами получается различным: направления максимального излучения зависят от высоты антенны над Землей.

В случае сложной приемной антенны волны, в зависимости от

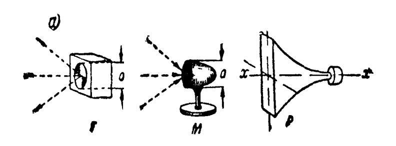
направления прихода, достигают различных вибраторов с различными сдвигами фаз и соответственно возбуждают в вибраторах токи, сдвинутые по фазе. Складываясь в общем фидере, эти токи усиливают или ослабляют друг друга в зависимости от сдвигов фаз. Поскольку сдвиги фаз зависят от направления так же, как и при излучении, Н. д. а., работающей в качестве приемной или передающей, получается одинаковым.

Для достижения большого Н. д. а. требуется много вибраторов, расположенных друг от друга на расстояниях, сравнимых с длиной волны. На длинных волнах это привело бы к необходимости создания антенн слишком больших размеров. На коротких, а тем более ультракоротких волнах можно получить большее Н. д. а. при не слишком больших размерах антенн.

На ультракоротких, а особенно на сантиметровых волнах Н. д. а. достигается и другими методами, например при помощи *параболических отражателей* или *рупорных антенн*; и в этих типах антенн можно получить большое Н. д. а. только в том случае, когда их размеры велики по сравнению с длиной волны.

Большое Н. д. а. важно не только для достижения большого *усиления антенны*, но и для решения специальных задач, например определения направления, в котором находится принимаемая станция (радиопеленгация) или отражающий объект (радиолокация). Количественно Н. д. а. характеризуется *коэффициентом направленного действия антенны*.

Направленность источников и приемников звука — излучение или прием *звуковых колебаний* преимущественно в некоторых определенных направлениях. Направленность излучения свойственна многим источникам звука — голосу, музыкальным инструментам, *громкоговорителям*; направленность приема — органу слуха и *микрофонам*. Если громкоговоритель *Г* (см. рис. *а*) имеет одну по-



верхность, излучающую звуковые колебания, а микрофон *М* — одну поверхность, открытую воздействию звуковых волн, распространяющихся в окружающей среде, то направленность излучения или приема звуковых колебаний зависит от отношения линейных размеров *a* (длины, ширины, диаметра) этой поверхности к длине λ звуковой волны. При уменьшении этого отношения направленность уменьшается. Если $a/\lambda < 0{,}1$, то направленность практически отсутствует, т. е. громкоговоритель излучает равномерно во всех направлениях, а микрофон принимает звуковые волны, приходящие с любого направления. Если длина и ширина источника (или приемника) звука различны, как это показано на примере рупора *Р*, то направленность различна в разных плоскостях. Например, изображенный на рис. рупорный громкоговоритель будет направленным излучателем в вертикальной плоскости, проходящей через акустическую ось *xx'*, и ненаправленным в горизонтальной.

В условиях открытого пространства или в больших помещениях необходимы направленные громкоговорители, излучающие звуковую энергию в нужном направлении. В радиоприемниках индивидуального пользования направленность звукоизлучения не требуется.

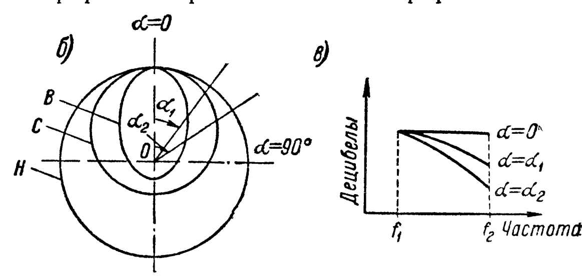
Направленные микрофоны используются при необходимости приема звука, приходящего с определенных направлений. Если, на-

оборот, желательно одним микрофоном «охватить» широкую зону расположения исполнителей, то направленности не требуется.

Для высококачественной передачи звука (например, в системах *радиовещания*) необходимо передавать сигналы в достаточно широком диапазоне частот (приблизительно от $f_1 = 50$ до $f_2 = 10\,000$ *гц*). Так как скорость звука в воздухе $c_0 \approx 340$ *м/сек*, то длина звуковой волны на низкой частоте $\lambda_1 = \frac{c_0}{f_1} = \frac{340}{50} \approx 7$, а на высокой $\lambda_2 = \frac{c_0}{f_2} = \frac{340}{10000} = 0{,}034$ *м* $= 3{,}4$ *см*. Очевидно, что на низких частотах линейные размеры a обычных излучателей и приемников звука малы по сравнению с длиной звуковой волны λ_1 и направленность отсутствует. На высоких частотах a/λ_2 резко увеличивается и направленность возрастает. Зависимость направленности от частоты является существенным недостатком, так как излучательная или приемная способность в определенном направлении становится различной на разных частотах. Этот недостаток в известной мере устраняется применением микрофонов и громкоговорителей специальных конструкций.

Направленность действия громкоговорителя можно оценить посредством коэффициента осевой концентрации, который показывает, во сколько раз меньшую звуковую мощность должен излучать направленный громкоговоритель по сравнению с ненаправленным, чтобы создать заданное *звуковое давление* в направлении акустической оси. Уменьшение требуемой мощности связано с тем, что направленный громкоговоритель концентрирует излучаемую энергию в осевом направлении. Более точное представление о направленных свойствах любого источника звука можно получить, измеряя создаваемое им звуковое давление p_α на одинаковых расстояниях от центра излучающей поверхности, но под разными углами α к акустической оси (в том числе и при $\alpha = 0$, т. е. на оси). Эти давления обычно определяются на расстоянии 1 *м* в разных плоскостях в условиях свободного звукового поля (при отсутствии отражений).

Направленность микрофонов обычно исследуется путем определения их *чувствительности* E_α при падении звуковых волн под разными углами α (в том числе и при $\alpha = 0$) к акустической оси. Зависимость p_α или E_α от угла α называется полярной характеристикой (или характеристикой направленности) громкоговорителя или микрофона.



На рис. *б* показан пример полярной характеристики громкоговорителя в одной плоскости, построенной в полярных координатах. Величина звукового давления выражена в *децибелах* (по отношению

к условной постоянной величине того же наименования). Кривая H, свидетельствующая об отсутствии направленности, типична для низкой звуковой частоты f_1, кривая C — для средних, а B — для высоких частот. По этим полярным характеристикам легко найти *частотные характеристики* данного аппарата в разных направлениях. Соответствующее построение сделано на рис. *в*, из которого видно, что при увеличении угла α излучение высоких частот ухудшается. Для устранения этого нежелательного явления применяют *громкоговорящие агрегаты* и групповые излучатели звука.

Полярная характеристика микрофонов менее зависит от частоты. Уменьшение этой зависимости достигается путем создания малогабаритных микрофонов.

Направленный прием — прием преимущественно тех сигналов, которые приходят в одном определенном направлении. Для осуществления Н. п. используется *направленное действие антенн*.

Напряжение зажигания — напряжение, при котором возникает электрический разряд в газоразрядных приборах (см. *Газовый разряд*).

Напряжение на зажимах источника — напряжение, равное разности э. д. с. источника и падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника. Поэтому при разомкнутой цепи, когда ток в цепи, а значит и падение напряжения на внутреннем сопротивлении равны нулю, Н. н. з. и. равно э. д. с. источника. По мере увеличения тока в цепи падение напряжения на внутреннем сопротивлении источника возрастает и Н. н. з. и. уменьшается. Чем больше внутреннее сопротивление источника, тем меньше (при одной и той же величине тока) Н. н. з. и.

Напряжение на сетке — напряжение между сеткой и катодом электронной лампы (или какого либо другого электронного прибора). Н. н. с. меньше э. д. с. источника, создающего это напряжение, на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника. Так как ток в цепи сетки, а значит и в источнике э. д. с. течет практически только при положительных напряжениях на сетке, то при переменном Н. н. с. падение напряжения внутри источника может происходить лишь при положительных полуволнах на сетке. Поэтому амплитуда Н. н. с. при положительной полуволне напряжения может быть меньше, чем при отрицательной. Если в цепь сетки включено отрицательное *напряжение смещения*, величина которого больше амплитуды переменной э. д. с., то Н. н. с. никогда не бывает положительным, падения напряжения в источнике переменной э. д. с. не происходит и обе полуволны переменного Н. н. с. имеют одинаковую амплитуду. Практически, однако, и при отрицательном напряжении на сетке в цепи ее наблюдается ток, называемый обратным током сетки. Ток этот очень мал, обычно порядка нескольких микроампер и на величину переменного напряжения на сетке практически не влияет, но часто оказывает влияние на постоянную составляющую сеточного напряжения, т. е. на *напряжение смещения*.

Напряжение насыщения — то напряжение на аноде лампы, которое при данном напряжении на сетке соответствует установлению *тока насыщения* в анодной цепи. Н. н. называют иногда (не вполне точно) то напряжение на сетке лампы, которому при данном напряжении на аноде соответствует верхний перегиб характеристики анодного тока.

Напряжение обратного зажигания — то обратное напряжение на электродах ионного прибора (т. е.

напряжение, приложенное к прибору так, что анод имеет отрицательный относительно катода потенциал), при котором может возникнуть *обратное зажигание*.

Напряжение погасания — напряжение, при котором прекращается электрический разряд в *газоразрядных приборах* (см. *Газовый разряд*). Н. п. во всех приборах меньше *напряжения зажигания*.

Напряжение смещения — постоянное напряжение, подаваемое между сеткой и катодом электронной лампы и смещающее *рабочую точку* по сеточной характеристике влево при отрицательном напряжении на сетке и вправо — при положительном. В большинстве случаев на сетку подается отрицательное Н. с. для того, чтобы исключить возможность появления сеточных токов. Однако в некоторых случаях на сетку подается положительное Н. с.

Напряжение смыкания (у транзисторов) — величина обратного напряжения на коллекторном переходе, при которой из-за расширения обедненного слоя (см. *Модуляция ширины базы*) происходит смыкание обедненных слоев коллекторного и эмиттерного переходов и нормально разделяющая их нейтральная область базы исчезает. При напряжениях, равных Н. с. или превышающих его, управляющее действие эмиттерного перехода прекращается и транзистор не может работать по прямому назначению, так как по цепи эмиттер — коллектор начинает проходить ток, обусловленный основными носителями, причем величина этого тока при отсутствии ограничительных сопротивлений может стать недопустимо большой и вызвать разрушение транзистора. Однако само по себе смыкание обедненных слоев не приводит к необратимым изменениям свойств транзистора, и после снижения напряжения на коллекторном переходе работоспособность транзистора восстанавливается. С таким явлением можно встретиться в высокочастотных *сплавных транзисторах*, имеющих тонкую и относительно высокоомную базовую область.

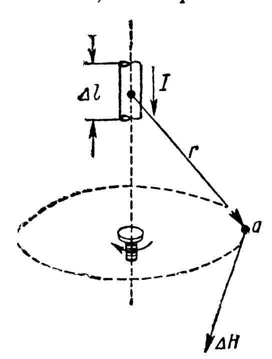
Напряженность магнитного поля — вектор, характеризующий величину и направление *магнитного поля* в данной точке пространства. Величину и направление Н. м. п. можно определить по величине и направлению силы, действующей со стороны магнитного поля на прямолинейный отрезок провода, по которому течет ток I_1, расположив его, например, перпендикулярно направлению измеряемого поля (это не обязательно, но упрощает задачу). Тогда оказывается, что величина силы, действующей на отрезок провода с током, пропорциональна произведению длины отрезка l_1 и силы тока I_1. Поэтому, разделив силу F_1, действующую на отрезок провода с током, на величину $I_1 l_1$, получим результат, не зависящий от выбранных длины отрезка и силы тока, а зависящий лишь от свойств того магнитного поля, в которое этот отрезок помещен. Полученная таким образом величина, зависящая только от свойств магнитного поля, и может быть принята за величину Н. м. п. (Направление вектора Н. м. п. в выбранном нами простейшем случае считается заранее известным.) Так может быть измерена величина напряженности любого магнитного поля во всех точках и изучена его конфигурация. Например, провод длиной Δl, по которому течет ток I, создает в точке a (см. рис.) Н. м. п.

$$\Delta H = \frac{1}{4\pi} \frac{I\Delta l \sin\vartheta}{r^2},$$

где ϑ — угол между $I\Delta l$ и r.

Н. м. п. H может быть также определена косвенно путем измерения *магнитного потока*, пронизывающего виток (или катушку) известной площади. Магнитный поток определяется по той э. д. с. индукции, которая возникает при

удалении витка из магнитного поля и может быть измерена, например, гальванометром с большим периодом собственных колебаний (баллистический гальванометр). Разделив магнитный поток на площадь витка, находят Н. м. п. Наконец, Н. м. п. может быть определена по силе, с которой магнитное



поле действует на *фиктивный магнитный заряд*, практически на один из полюсов длинной магнитной стрелки. Пользуясь законом Кулона для взаимодействия магнитных зарядов, можно определить величину Н. м. п., создаваемого точечным магнитным зарядом, так же, как определяется *напряженность электрического поля* в системе СГСЭ:

$$H = \frac{F}{q_2} = \frac{1}{4\pi\mu_0} \cdot \frac{q_1}{r^2},$$

где q_1 — величина магнитного заряда, создающего магнитное поле; r — расстояние от магнитного заряда до точки, в которой определяется напряженность магнитного поля; μ_0 — магнитная проницаемость вакуума (в системе СИ не равная единице). Направление Н. м. п. в этом случае можно определить по аналогии с полем электрических зарядов — силовые линии поля направлены по радиусам от заряда или к заряду, в зависимости от его полярности.

Напряженность электрического поля — *вектор*, характеризующий величину и направление электрического поля в данной точке пространства. Определяется Н. э. п. в данной точке по той силе, с которой это электрическое поле действует на помещенный в данную точку электрический заряд. Направление вектора Н. э. п. — это направление, в котором действует сила на помещенный в электрическое поле положительный заряд. Величина Н. э. п. определяется отношением действующей на заряд силы к величине заряда. Так как сила, с которой электрическое поле действует на любой электрический заряд, пропорциональна величине этого заряда, то отношение величины силы к величине заряда не зависит от того, какова величина заряда, и является характеристикой только электрического поля. Поэтому можно принять, что Н. э. п. в данной точке пространства численно равна силе, с которой электрическое поле действует на положительный электрический заряд, величина которого равна единице.

Для простейшего случая, когда электрическое поле в вакууме создается точечным электрическим зарядом, легко найти выражение для напряженности электрического поля, пользуясь *Кулона законом*. Если в выражении для этого закона в системе СГСЭ

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

считать, что заряд q_1 создает электрическое поле, а q_2 — заряд, на который это поле действует с силой F, то, по определению Н. э. п.,

$$E = \frac{F}{q_2} = \frac{q_1}{r^2},$$

т. е. Н. э. п. убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от той точки, в которой расположен создающий электрическое поле заряд.

В системе СИ, в которой закон Кулона выражается равенством

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2},$$

формула для Н. э. п. принимает вид:

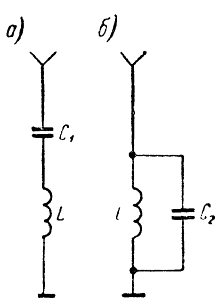
$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r^2}.$$

При перемещении единичного заряда в направлении действующей на него силы поле совершает работу A, которая выражается произведением силы, равной Н. э. п. E, на пройденный зарядом путь d, т. е. $A = Ed$. Но работа, совершенная полем при перемещении единичного заряда из одной точки в другую, равна *разности потенциалов* между этими точками U. Следовательно, Н. э. п. связана с разностью потенциалов зависимостью

$$E = \frac{U}{d}.$$

Это соотношение справедливо лишь в том случае, когда Н. э. п. вдоль расстояния d неизменна, т. е. поле однородно, как, например, в *плоском конденсаторе*.

Настройка антенны — подбор параметров антенны для настройки ее в *резонанс* (на частоту возбуждающей э. д. с.); для этого необходимо изменить *собственную длину волны антенны* так, чтобы она совпала с длиной принимаемой волны. В диапазоне длинных, средних и коротких волн Н. а. осуществляется обычно изменением емкости и индуктивности, включенных в антенну. Для удлинения собственной волны антенны в нее включают катушку индуктивности («удлинительную катушку»), а для ее укорочения включают в антенну последовательно конденсатор C_1 («укорачивающий конденсатор» — рис. *а*). Включение конденсатора C_2 параллельно катушке (рис. *б*) приводит к удлинению собственной волны. В качестве конденсаторов C_1 и C_2 часто используют один и тот же переключаемый конденсатор переменной емкости, который плавно изменяет Н. а. Нередко приемная антенна вообще не настраивается, чтобы не усложнять настройку приемника. В диапазоне ультракоротких волн Н. а. обычно осуществляется изменением длины самой антенны, например *вибратора*, составленного из вдвигающихся одна в другую трубок.



Настройки автоматических систем (и регуляторов) — совокупность изменяемых параметров, обеспечивающих благоприятное или оптимальное протекание процессов управления и регулирования. Возможны два вида настройки — предварительная и автоматическая. При предварительной Н. а. с. параметры определяются по предварительно разработанным требованиям к процессу регулирования или управления. При автоматической Н. а. с. параметры настройки определяются в результате автоматического поиска оптимального режима (см. *Автоматические оптимальные системы*). Автоматические системы с предварительной настройкой могут выполнять следующие функции: 1) поддерживать неизменными заданные значения регулируемых параметров; 2) приводить эти параметры в соответствие с произвольными изменениями их заданий; 3) изме-

нять регулируемые параметры по заранее намеченным программам.

В системах комплексной автоматизации Н. а. с. зависят от схем автоматизации, которые можно разделить следующим образом: 1) схемы индивидуального (одноточечного) регулирования; 2) схемы группового непрерывного регулирования, в которых один регулятор (задающий) управляет несколькими ведомыми регуляторами и исполнительными устройствами одного или различных объектов регулирования; 3) схемы многоточечного регулирования, в которых один регулятор управляет большим числом объектов с различными, не связанными между собой регулируемыми параметрами; 4) схемы взаимосвязанного регулирования, в которых работа одних регуляторов зависит от других.

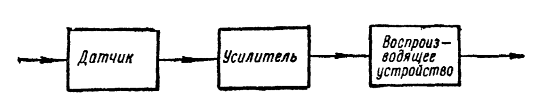
Насыщение — 1) в *ферромагнетике* — см. *Магнитное насыщение*; 2) в *электронной лампе* — см. *Ток насыщения электронной лампы*; 3) в *полупроводниковых приборах* — см. *Транзистор*.

Насыщенная область — совокупность рабочих режимов транзистора, отличающаяся наличием *прямого напряжения* одновременно на эмиттерном и коллекторном *p—n* переходах. Работа транзистора в Н. о. широко используется в переключающих схемах в качестве состояния «включено», так как в этой области падение напряжения между выводами коллектора и эмиттера остается очень малым (у германиевых транзисторов обычно не более 0,2 *в*) при значительных токах любого направления.

Начальная скорость электронов — скорость, с которой электроны покидают поверхность катода. Скорость эта определяется тем избытком кинетической энергии над *работой выхода электрона*, которой обладает электрон, приближаясь из толщи катода к его поверхности. Так как кинетическая энергия электрона внутри катода определяется скоростью его теплового движения, а эти скорости между электронами распределены хаотически, то и Н. с. э. также распределены хаотически. Но средняя Н. с. э., так же как и средняя скорость их теплового движения внутри катода, тем больше, чем выше температура катода. Существование Н. с. э. приводит к тому, что электроны могут достичь анода не только в отсутствие положительного напряжения на аноде, но даже при наличии небольшого отрицательного напряжения на аноде, тормозящего движение электронов к аноду. Чем больше средняя Н. с. э., тем больше число электронов, которые обладают при вылете из катода скоростями, достаточными для того, чтобы достичь анода. Поэтому, например, анодный ток в диодах возникает при некотором небольшом отрицательном напряжении на аноде, и этот ток тем больше, чем больше Н. с. э., т. е. чем выше температура катода.

Небалансные системы — автоматические измерительные системы, основанные на непосредственном (без уравновешивания) измерении выходной величины датчика. Такие системы обладают разомкнутой структурой и отличаются простотой конструкции, но обладают погрешностями, возникающими под действием внешних влияний (изменения температуры, напряжения питания и т. д.), а также внутренних причин (изменений параметров отдельных элементов). У некоторых Н. с., например использующих в качестве воспроизводящего устройства *логометры*, погрешность от колебания напряжения источников питания может отсутствовать. Типовая схема Н. с. состоит из *датчика*, усилителя и воспроизводящего устройства (см. рис.). Н. с. без усилителя являются более точными, чем системы с усилителями, но обладают меньшей выходной мощностью. Точность Н. с. зна-

чительно ниже точности измерительных систем, использующих *компенсационный метод измерений.*



Тем не менее Н. с. благодаря своей простоте широко применяются при электрических измерениях неэлектрических величин.

Небесная волна (небесный луч)— см. *Пространственная волна.*

Негативная модуляция — амплитудная модуляция телевизионного передатчика негативным сигналом (см. *Полярность сигнала изображения*). При Н. м. пиковая мощность излучается при передаче вершин импульсов синхронизации, а минимальная мощность — при передаче *уровня белого.* В телевидении принята Н. м., которая обладает несколько большей помехоустойчивостью: импульсные высокочастотные помехи вызывают появление темных пятен, менее заметных, чем светлые. Кроме того, темные пятна ограничены по интенсивности, так как не могут быть темнее черного, когда луч кинескопа запирается.

Негативная обратная связь — см. *Обратная связь.*

Негативное изображение — изображение, в котором светлые объекты имеют минимальную яркость, а темные — максимальную. Н. и. получается на экране кинескопа, когда *полярность сигнала изображения* на *модуляторе* кинескопа отрицательна.

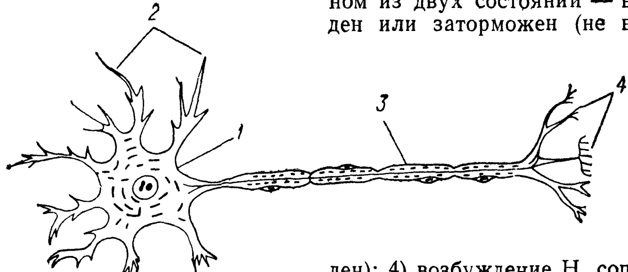
«Неделя рекордов» — новый вид соревнований на ультракоротких волнах. Проводятся с 1963 г. Н. р. завершают соревнования *«Полевой день»*. В задачи Н. р. входит установление всесоюзных и европейских рекордов по радиосвязи на ультракоротких волнах, пропаганда радиоспорта, освоение высоких частот. Н. р. проводится на диапазонах 144—146 и 430—440 *Мгц.* Размещать радиостанции участники могут только в полевых условиях. В программу соревнований, кроме попыток установления рекордов, входит также осуществление наибольшего количества дальних радиосвязей. В зачет принимаются радиосвязи, проведенные на расстоянии не менее 50 *км.*

Незатухающие колебания — колебания с постоянной амплитудой. Все современные применения радио осуществляются с помощью незатухающих электрических колебаний высокой частоты. В радиотехнике Н. к. чаще всего получают с помощью *ламповых генераторов*, работающих на электронных лампах, или генераторов на транзисторах. Для создания Н. к. сантиметрового или миллиметрового диапазона применяются специальные электронные приборы: *магнетроны, клистроны* и др.

Нейристор — модель аксона нервной клетки *(нейрона)*, т. е. того нервного волокна, у основания которого регистрируется возбуждение нейрона и по которому распространяется сигнал возбуждения. При рассмотрении принципа действия Н. в качестве аналогии часто используется бикфордов шнур, по которому без затухания перемещается огонь. Однако такая аналогия является неполной, так как бикфордов шнур — устройство разового действия, а Н. функционирует неограниченное число раз. Но в смысле незатухающего перемещения сигнала возбуждения в нейроне и отсутствия ослабления сигнала в линии такая аналогия вполне допустима. Н. привлекли внимание после того, как теоретически было доказано, что, соединяя ряд Н. в различные цепи, можно создать любые логические и вычислительные схемы, а также динамические элементы памяти. В настоящее время предложен ряд

принципов технической реализации Н. с использованием квантовых генераторов, туннельных диодов и др.

Нейрон (нервная клетка) — наименьший самостоятельный структурный и функциональный элемент нервной системы, специфическая клетка живого организма. Н. состоит (см. рис.) из тела *1*, покрытого тонкой полупрозрачной оболочкой — мембраной, защищающей клетку от вредных воздействий окружающей среды и регулирующей



состав клетки. Тело Н. имеет несколько ответвлений — дендритов *2*, разнообразных по форме и ориентации. Из тела Н. выходит длинный цилиндрический отросток — аксон *3*; он имеет ответвления *4*, через которые импульсы возбуждения Н. могут передаваться на другие Н., либо возбуждать исполнительный механизм (мышцу, железу и др.). Сигналы передаются от Н. к Н. благодаря функциональным соединениям между клетками, называемым синапсами.

В *кибернетике* широко распространены модели Н., отражающие основные формальные свойства биологического Н.; их называют аналогами Н., нейромимами, квазинейронами и т. д.

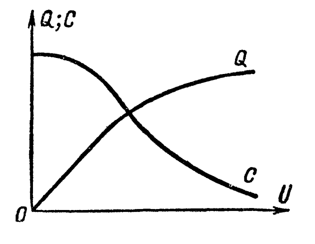
Моделирование Н. имеет двоякое значение: модельное исследование для глубокого познания структуры и функций живой нервной клетки; моделирование с целью создания новых логических элементов для построения сложных бионических (см. *Бионика*) систем. Наибольшие успехи достигнуты в создании действующих моделей так называемых формальных нейронов. Эти модели строятся при следующих основных допущениях: 1) Н. может рассматриваться как многополюсник, имеющий n входов и один выход; 2) входы Н. делятся на возбуждающие и тормозящие; 3) Н. функционирует по принципу «все или ничего», т. е. всегда находится в одном из двух состояний — возбужден или заторможен (не возбужден); 4) возбуждение Н. сопровождается генерированием выходного сигнала (импульса или серии импульсов); 5) сигнал передается Н. только в одном направлении — от синапса к аксону. При таких допущениях модель формального Н. существенно отличается от своего биологического прообраза, но зато появляется возможность использовать хорошо развитый формальный (математический) аппарат для анализа работы отдельного Н. и для синтеза *нервных сетей*, выполняющих довольно сложные логические и информационные функции.

Нервное возбуждение всегда сопровождается возникновением электрического тока. Современная биофизика располагает средствами для измерения электрических процессов в нервной системе. В одиночную клетку размером в десятки микрон оказывается возможным ввести микроэлектрод для измерения электрических зарядов и их изменений.

В *технической кибернетике* практически реализованы некоторые интересные гипотезы и идеи нейрофизиологии о пластичности, логической изменчивости свойств одиночного Н. Это позволяет синтезировать самоорганизующиеся системы, проявляющие свойства приспособляемости к изменяющейся внешней среде, свойства «обучения».

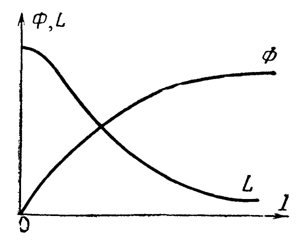
При создании моделей Н. используются как обычные средства радиоэлектронной техники, так и специальные электрохимические и физические элементы (*мемисторы*, *адалины*, *нейристоры* и т. д.).

Нелинейная емкость — конденсатор, величина заряда которого не пропорциональна приложенному



напряжению (см. рис.). Это характерно для конденсаторов с *сегнетоэлектриками*. С увеличением напряженности электрического поля диэлектрическая проницаемость сегнетоэлектрика уменьшается, а следовательно, уменьшается и емкость конденсатора. В конденсаторах, обладающих Н. е., при увеличении напряжения U заряд Q сначала растет почти пропорционально U, а затем все медленнее и медленнее; емкость C при этом соответственно уменьшается. Н. е. нашли применение, например, в *диэлектрических усилителях*.

Нелинейная индуктивность — катушка индуктивности, в которой *магнитный поток* Ф не пропорционален току I. Причиной нелинейности является магнитное насыщение сердечника катушки, вследствие чего при сильных токах магнитный поток растет медленнее, чем намагничивающий ток (см. рис.). При увеличении тока рост

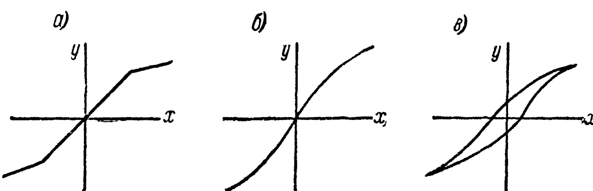


магнитного потока замедляется и э. д. с. самоиндукции, соответствующая одному и тому же изменению тока, уменьшается, т. е. индуктивность катушки становится меньше. Н. и. находят применение в *магнитных усилителях*, *ферромагнитных стабилизаторах напряжения* и т. д.

Нелинейности — характеристики нелинейных элементов, входящих в системы автоматического управления, регулирования, стабилизации и т. д., из-за которых становится неприменимым принцип наложения. Типовыми Н. являются: зона нечувствительности, ограничение, гистерезис, несимметрия и т. д. Для любых Н. характерно отсутствие линейной зависимости между входом и выходом. Н. принято делить на кусочно-линейные (см. рис. *а*), однозначные непрерывные (см. рис. *б*), неоднозначные (см. рис. *в*). Влияние нелинейностей на работу автоматических систем различно. Так, например, зона нечувствительности может значительно уменьшить общее усиление системы регулирования при малых амплитудах управляющих сигналов. Однако с увеличением амплитуды влияние зоны нечувствительности на работу замкнутой системы управления уменьшается. Ограничение оказывает существенное влияние на большие по амплитуде сигналы и не влияет на малые. Неоднознач-

ные (гистерезисные) нелинейности ухудшают процессы регулирования, способствуя установлению больших по амплитуде *автоколебаний*.

Н. с характеристиками квадратичного и кубичного вида появляются как результат нелинейного сопротивления механическому движению или вследствие нелинейных



характеристик электрического демпфирования. Такие Н. увеличивают коэффициент усиления с увеличением входных сигналов. Нелинейные элементы с подобными характеристиками иногда специально вводят в дополнительные обратные связи для улучшения качества регулирования.

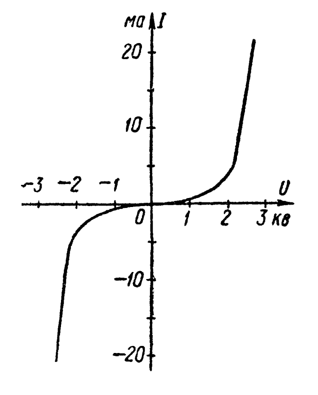
В системах автоматического регулирования очень часто встречаются Н. типа сухого трения. Момент сухого трения является нелинейной функцией от угловой скорости вращения; сила сухого трения — нелинейная функция поступательной скорости. Обычно такие функции имеют приблизительно постоянную величину при любых значениях скорости и изменяют свой знак при изменении знака скорости. Направление момента сухого трения противоположно направлению вращения. В неподвижном состоянии момент может принимать любое значение между предельными значениями. Влияние сил сухого трения на процесс регулирования различный. Часто сухое трение может быть причиной различных застоев и нечувствительности к небольшим сигналам. В следящих системах сухое трение иногда вызывает неплавное движение с задержками, рывками и т. п.

Нелинейные искажения — наличие на выходе испытуемого устройства частотных составляющих, которые отсутствовали в сигнале, подданном на его вход. Это искажение обусловлено отсутствием прямой пропорциональности между величиной сигналов на входе и выходе в любой момент времени (т. е. между мгновенными значениями входного и выходного сигналов). Н. и. в той или иной мере свойственны многим устройствам, используемым в различных системах связи (в том числе в системах *вещания*). При *электроакустической передаче* Н. и. приводят к *слуховому восприятию искажений* передаваемого звука; при телевизионной передаче — к дефектам передаваемого изображения и т. д. В результате Н. и. происходит изменение *спектра* переданного сигнала. Частотные составляющие, обнаруженные в спектре выходного сигнала, но отсутствовавшие в спектре входного сигнала, называются продуктами нелинейности передающего устройства. Количественная оценка Н. и. производится различными методами, большинство которых основано на определении *коэффициента нелинейных искажений*.

Нелинейные колебания — колебания, происходящие в электрических цепях, содержащих *нелинейные проводники*, или *нелинейные емкости*, или *нелинейные индуктивности*. Эти нелинейные элементы приводят к искажению формы колебаний. Поэтому Н. к. по форме всегда в той или иной степени отличаются от синусоидальных.

Для Н. к., происходящих в цепях, содержащих нелинейную емкость или нелинейную индуктивность, весьма характерно отсутствие *изохронизма* — частота этих колебаний зависит от их амплитуды. Н. к. в контурах, содержащих нелинейные проводники, которые в течение части периода обладают *отрицательным сопротивлением*, могут быть незатухающими; иначе говоря, *автоколебания* представляют собой один из видов Н. к.

Нелинейные полупроводниковые сопротивления (варисторы) — сопротивления, выполненные из полупроводниковых материалов и обладающие нелинейной *вольт-амперной характеристикой*. В отличие от термосопротивлений, у



Н. п. с. изменение величины электрического сопротивления происходит не под влиянием нагрева полупроводника, а под действием электрического поля. Исходным материалом для Н. п. с. обычно служит карбид кремния, который после размола в мелкий порошок и смешивания со связующим веществом прессуется в форме таблеток и спекается при высокой температуре (от 800 до 1700° С). Такие Н. п. с. обладают симметричной вольт-амперной характеристикой: величина их электрического сопротивления уменьшается при повышении напряжения любой полярности (см. рис.). Зависимость электрического сопротивления от приложенного напряжения объясняется увеличением электропроводности между зернами карбида кремния при увеличении электрического поля. Наряду с этим основным явлением могут существовать и другие механизмы, в том числе тепловой, особенно при больших мощностях.

Нелинейные цепи — цепи, содержащие *нелинейные проводники*, или *нелинейные емкости*, или *нелинейные индуктивности*. Н. ц. не подчиняются закону Ома: ток в цепи изменяется не прямо пропорционально приложенной э. д. с., а по более сложному закону; иначе говоря, сопротивление Н. ц. зависит от величины приложенной к ней э. д. с.

Нелинейный проводник — проводник, в котором не соблюдается закон Ома, т. е. ток в Н. п. изменяется не пропорционально приложенному напряжению, а по какому-либо нелинейному закону. Отношение напряжения на концах Н. п. к силе тока в Н. п. не остается постоянным при изменении приложенного напряжения, а зависит от величины приложенного к Н. п. напряжения.

Для характеристики Н. п. существенно не столько отношение напряжения к току в Н. п. (так называемое сопротивление постоянному току), сколько отношение изменения напряжения к вызванному им изменению тока. Это последнее отношение определяет так называемое дифференциальное сопротивление Н. п. или сопротивление переменному току. Дифференциальное сопротивление Н. п.

$$R_d = \frac{\Delta U}{\Delta I},$$

где ΔU — малое изменение напряжения на концах Н. п., а ΔI — изменение тока, вызванное этим изменением напряжения.

В радиотехнике Н. п. играют чрезвычайно важную роль. Они применяются для генерации, усиления и различного рода преобразований (детектирования, умножения частоты и т. д.) электрических колебаний. *Электронные лампы*, *полупроводниковые диоды* и *триоды* являются Н. п., так как токи в них изменяются не пропорционально приложенному напряжению. Поэтому электронные лампы, полупроводниковые диоды и полупроводниковые приборы могут служить для указанных целей. Простейшие преобразования колебаний (выпрямление и детектирование) осуществляются с помощью электронных и полупроводниковых диодов, а для генерации колебаний, усиления, модуляции и других преобразований применяются трехэлектродные и многоэлектродные электронные лампы и полупроводниковые триоды.

Неоновая лампа — газоразрядный источник света с наполнением неоном. Как и во всяком газоразрядном приборе, электрический разряд в Н. л. возникает при некотором определенном напряжении (напряжении зажигания) и прекращается также при определенном, несколько меньшем, напряжении (напряжении погасания). Это делает Н. л. удобной для применения в качестве сигнальной лампы или индикатора напряжений, например, в выпрямителях. Кроме того, вследствие особенностей *вольт-амперной характеристики* Н. л. может служить для возбуждения *релаксационных колебаний*.

Неосновные носители — электроны в дырочном полупроводнике или дырки в электронном полупроводнике, т. е. носители, равновесная концентрация которых в данном материале ниже (см. *Примесный полупроводник*).

Непер — единица для измерения усиления или ослабления по *логарифмической шкале*. Усиление или ослабление в 1 *неп* в каком-либо устройстве соответствует случаю, когда натуральный логарифм отношения выходного напряжения (или тока) к входному равен единице; иначе говоря, происходит усиление (или ослабление) в e раз, где $e \approx 2{,}71$.

Усиление (или ослабление) напряжения в Н. рассчитывается по формуле

$$N_{\text{н}} = \ln \frac{U_2}{U_1},$$

где U_1 — входное напряжение, а U_2 — выходное напряжение. При этом усилению соответствуют положительные, а ослаблению — отрицательные значения $N_{\text{н}}$.

Более употребительной является другая логарифмическая единица — *децибел*. Так как усиление или ослабление напряжения в децибелах равно:

$$N_{\partial б} = 20 \lg \frac{U_2}{U_1},$$

а натуральный логарифм какого-либо числа приблизительно в 2,3 раза больше его десятичного логарифма, то

$$N_{\text{н}} \approx 0{,}12 N_{\partial б}.$$

Неравновесные носители — подвижные носители электрического заряда в полупроводнике, созданные благодаря освещению, облучению или воздействию какого-либо другого вида энергии, кроме тепловой, причем общая концентрация носителей превышает равновесную концентрацию, обусловленную температурой, при которой находится полупроводник. При включении полупроводника в электрическую цепь неравновесные носители могут появиться также за счет прохождения тока через контакты или электронно-дырочные переходы вследствие потока через такие контакты или переходы носителей, равновесная концентрация которых по другую сторону контакта (перехода) выше. Это явление называют впрыскиванием

(инъекцией, инжекцией) неосновных носителей, поскольку для той области полупроводника, в которую эти носители переходят, они оказываются *неосновными носителями*. Инъекция неосновных носителей лежит в основе действия эмиттерного перехода транзистора.

Неразрушающее считывание — режим работы *запоминающего элемента*, при котором информация, записанная в нем, сохраняется при многократном считывании. Подавляющее большинство оперативных запоминающих устройств на ферритовых сердечниках современных цифровых вычислительных машин работают в режиме разрушающего считывания, поэтому после каждого цикла считывания предусматривается цикл записи — регенерации. В запоминающих устройствах на электронно-лучевых трубках или в конденсаторных регенерацию можно производить гораздо реже, через несколько обращений. В таких ферритовых запоминающих элементах, как *биакс* или тороидальный сердечник с диаметральным отверстием, считывание может производиться неограниченное число раз. Подобные элементы, по существу, и являются настоящими запоминающими элементами с Н. с.

Нервная сеть — система, состоящая из элементов, называемых *нейронами*. В *технической кибернетике* под Н. с. часто понимают устройство из нейроноподобных элементов, каждый из которых моделирует лишь отдельные формальные свойства нервной клетки, а Н. с. в целом рассматривается как автомат, преобразующий информацию по некоторому *алгоритму*. Если в качестве алгоритма используется некоторое решающее правило классификации входных сигналов, Н. с. решает обычную задачу *опознания образов*. В теоретической кибернетике существует большое число работ по синтезу абстрактных Н. с. В этих работах отвлекаются от сущности задачи, решаемой Н. с., что позволяет сконцентрировать внимание на решении таких вопросов, как выбор лучших правил построения (синтеза) Н. с., строгость их описания, уменьшение числа элементов Н. с. (минимизация) и др. Такого рода сети называют часто абстрактными Н. с. Довольно близким понятием является *конечный автомат*.

Нестабильность частоты — изменения частоты генератора, происходящие при неизменной настройке его колебательных контуров. Причинами Н. ч. являются главным образом непостоянства питающих напряжений и изменения температуры ламп и элементов колебательных контуров.

Нестационарные процессы — процессы, характер которых изменяется со временем. Типичным примером Н. п. могут служить *затухающие колебания*, возникающие в результате начального толчка. Н. п. возникают и во всех других случаях появления или исчезновения какого-либо воздействия. Например, при включении источника переменной внешней э. д. с. в колебательный контур *вынужденные колебания* не устанавливаются сразу. Сначала возникает Н. п. — амплитуда колебаний нарастает постепенно. При этом за нарастанием амплитуды может следовать ее спад, затем снова нарастание и т. д., пока не установится постоянная амплитуда вынужденных колебаний и Н. п. закончится. Промежуток времени, в течение которого длится Н. п. (время установления колебаний), тем короче, чем больше *затухание контура*.

Н. п. играют очень важную роль в радиотехнике. Всякая передача сигналов связана с появлением и исчезновением напряжений и токов и поэтому сопровождается Н. п. во всех цепях передатчика и приемника. Эти Н. п. обычно искажают форму сигналов так же, как Н. п., возникающий при включе-

нии источника внешней э. д. с. в колебательный контур, искажает форму вынужденных колебаний. Поэтому необходимо принимать меры для того, чтобы Н. п. длились малое время по сравнению с длительностью самого сигнала. Тогда они будут искажать форму сигнала только в самом его начале и в самом конце. Для этого, так же как и в случае вынужденных колебаний, затухание колебательных контуров, в которых возникают Н. п., должно быть достаточно велико. С другой стороны, для повышения *избирательности колебательного контура* его затухание следовало бы делать по возможности малым. Таким образом, уменьшение вредной роли Н. п. и повышение избирательности — это две противоречащих друг другу задачи.

Несущая частота — частота колебаний, создаваемых радиопередатчиком (генератором) в отсутствие *модуляции*. Передача сигналов возможна только путем каких-либо изменений (соответствующих передаваемым сигналам), вносимых в колебания передатчика, т. е. путем модуляции. Но *модулированные колебания* уже не являются гармоническими, и *спектр* их, помимо колебаний Н. ч., содержит еще меньшее или большее число гармонических колебаний с другими (боковыми) частотами. При этом только колебания боковых частот заключают в себе передаваемые сигналы, а колебание Н. ч. никаких сигналов не содержит и, следовательно, для передачи сигналов не является необходимым. Поэтому возможна передача без Н. ч. или *однополосная передача*, при которых с помощью специальных схем из спектра модулированного колебания устраняется колебание Н. ч.

Нижегородская радиолаборатория — первый советский научно-исследовательский центр в области радиотехники, положивший начало созданию научной и технической базы для радиофикации страны. В ней были собраны специалисты, работавшие на Тверской радиостанции (группа М. А. Бонч-Бруевича), на Детскосельской радиостанции (группа А. Ф. Шорина) и на заводе «Дюфлон» (группа В. П. Вологдина).

2 декабря 1918 г. В. И. Ленин подписал положение о Н. р. Ее создание и успешная деятельность тесно связаны с именем В. И. Ленина, непрестанно заботившегося о развитии отечественной радиотехники. Уже в 1918 г. в Н. р. было налажено серийное производство приемных радиоламп. В годы интервенции и блокады Н. р. блестяще справилась с поставленными перед ней задачами, а в последующие годы утвердила приоритет советской радиотехники в ряде важнейших проблем.

Осенью 1920 г. в Н. р. была успешно закончена постройка первого радиотелефонного передатчика. К этому периоду относится историческое письмо В. И. Ленина к М. А. Бонч-Бруевичу: ...«Пользуюсь случаем, чтобы выразить Вам глубокую благодарность и сочувствие по поводу большой работы радиоизобретений, которую Вы делаете. Газета без бумаги и «без расстояния», которую Вы создаете, будет великим делом»...

Далее в Н. р. были построены 12-киловаттный радиотелефонный передатчик — самый мощный в мире для того времени, генераторные лампы с водяным охлаждением на мощность 25 *квт*, а затем и на 100 *квт*. С 1923 г. Н. р. под руководством М. А. Бонч-Бруевича построила 40-киловаттный передатчик радиовещательных станций, установленных в различных городах Советского Союза.

Работы Н. р. по строительству радиостанций, изготовлению мощных ламп, связи на коротких волнах и в ряде других областей намного опередили работы иностранных ученых. Н. р. дважды была

награждена орденом Трудового Красного Знамени и ей было присвоено имя В. И. Ленина. В 1929 г. она была переведена в Ленинград и слита с Центральной радиолабораторией Треста заводов слабого тока.

Большую роль сыграла Н. р. и в развитии радиолюбительского движения. Ее сотрудники создали первые любительские детекторные приемники, первую библиотечку для радиолюбителей и организовали в Нижнем Новгороде первое Общество радиолюбителей.

Низкие частоты — термин, применяемый в радиотехнике к колебаниям, лежащим в диапазоне звуковых и инфразвуковых (т. е. ниже звуковых) частот. Верхняя граница Н. ч. (совпадающая с нижней границей радиочастот) находится в области 10 *кгц*.

«Новые значения» (видеосигнала) — значения сигнала, отличающиеся от предшествующих на величину, превышающую определенный порог. Н. з. *квантованного видеосигнала* отличаются от предшествующих не менее, чем на интервал квантования. Квантованный сигнал можно передать и восстановить, передавая только импульсы Н. з. Для большинства даже сложных изображений средняя длина отрезка квантованного сигнала между Н. з. соответствует трем-пяти элементам. Поэтому передача с помощью импульсов Н. з. позволяет либо сэкономить среднюю мощность сигнала, либо сократить время передачи или полосу частот канала связи.

Номинальный уровень — предельно допустимый *уровень* электрического сигнала на входе того или иного устройства (применяемого в системе связи), при котором величина *нелинейных искажений*, вносимых данным устройством, не превосходит допустимых пределов.

Нормальные колебания — *гармонические колебания*, которые могли бы происходить в линейных колебательных системах при условии, что потери энергии в этих системах отсутствуют. Каждое из Н. к. происходит с частотой, которая определяется параметрами колебательной системы. (В общем случае частоты всех Н. к. различны, и только в специальных случаях частоты некоторых Н. к. могут быть равны.) Соотношения между амплитудами и фазами данного Н. к. в различных точках колебательной системы также определяются ее параметрами. Абсолютная величина амплитуд и значения начальных фаз всех Н. к. определяются начальными условиями. В частности, начальные условия могут быть выбраны так, что амплитуды всех свойственных данной колебательной системе Н. к., кроме одного, окажутся равными нулю, т. е. надлежащим выбором начальных условий можно возбудить в колебательной системе в отдельности только одно (каждое) из всех Н. к. В общем случае задания произвольных начальных условий в колебательной системе возникают одновременно все n Н. к. системы, где n — число колебательных степеней свободы системы. Для электрической цепи с сосредоточенными параметрами, т. е. цепи, состоящей из колебательных контуров, содержащих катушки индуктивности и конденсаторы, n — число связанных колебательных контуров, из которых состоит рассматриваемая колебательная цепь. Для электрической цепи с распределенными параметрами, например *длинной линии* число степеней свободы $n = \infty$.

Если в системе одновременно возникают два или более Н. к., то результирующее собственное колебание оказывается негармоническим (поскольку частоты составляющих его гармонических колебаний различны). Но любое, т. е. при любых начальных условиях, возникающее в линейной колеба-

тельной системе собственное колебание представляет собой результат суперпозиции Н. к. (см. *Суперпозиция колебаний*), свойственных данной системе. С другой стороны, под действием гармонической внешней силы резонанс в колебательной системе может возникнуть в том случае, когда частота внешней силы приближается к частоте какого-либо из Н. к., свойственных данной системе. Таким образом, Н. к., свойственные колебательной системе, в значительной мере определяют характер как собственных, так и вынужденных колебаний в колебательной системе.

Носители электрического заряда — общее название подвижных частиц, несущих на себе электрический заряд и способных обеспечивать прохождение электрического тока через данное вещество. Чаще всего термин Н. э. з. применяется в полупроводниковой технике, где им обозначают *электроны проводимости* и *дырки*.

Ночная волна — см. *Короткие волны*.

Ночное телевидение — телевизионная передача при естественной ночной освещенности, которая достигает 10^{-4}—10^{-5} *лк*, а в среднем составляет 10^{-2}—10^{-3} *лк*. Н. т. может осуществляться с помощью *суперортиконов* или других передающих трубок, в которых перед *мишенью* расположен *электронно-оптический усилитель*. В таких камерах достигается предельная чувствительность, ограниченная лишь дробовыми (см. *Дробовой эффект*) флуктуациями фототока первичного фотокатода. Н. т. при наименьших освещенностях удается осуществить лишь с небольшой четкостью — порядка ста строк.

Нуль-индикатор — сравнивающее устройство для выработки визуального или управляющего сигнала равенства двух величин. Применяется у неавтоматических измерительных приборов, работающих по нулевому методу. Например, у измерительных приборов с динамической компенсацией Н. вырабатывает управляющий сигнал в момент достижения равенства измеряемой и эталонной величин.

Нуль-орган — сравнивающее устройство автоматических измерительных приборов, работающих по нулевому методу. В автоматических автокомпенсаторах Н. совмещает функции *нуль-индикатора* и усилителя сигналов рассогласования до уровня, необходимого для вращения реверсивного двигателя, управляющего компенсирующим элементом. В следящих цифровых приборах с реверсивным импульсным счетчиком Н. вырабатывает сигнал реверсирования.

О

Обедненный слой — слой полупроводника в районе электронно-дырочного перехода, обедненный носителями электрического заряда (см. *Запорный слой*).

Обертон — колебание более высокой частоты, сопровождающее данное колебание — *основной тон*. В том случае, если О. имеет частоту, в целое число раз бо́льшую, чем основной тон, он называется гармоническим О. или гармоникой данного колебания.

Обобщенная кривая резонанса — резонансная кривая одиночного колебательного контура или системы связанных контуров, построенная в таких масштабах по осям координат, что она оказывается одинаковой для контуров, имеющих различные значения *частоты резонанса* и *затухания*.

Обычные кривые *резонанса* изображают зависимость тока I в контуре от расстройки $\Delta\nu$; т. е. разности между частотой внешней силы и резонансной частотой контура. Эти кривые различны для контуров с разными резонансными частотами и затуханиями; для каждого данного контура резонансную

кривую приходится рассчитывать заново. Проще строить резонансную кривую данного контура, используя О. к. р. У нее по оси абсцисс откладывается величина расстройки $\Delta\nu$, деленная на резонансную частоту ν_0 и на затухание контура d, т. е. величина $\Delta\nu/\nu_0 d$. По оси ординат откладывается величина $I/I_{макс}$, показывающая, во сколько раз ток при данном значении $\Delta\nu/\nu_0 d$ меньше тока $I_{макс}$ при резонансе. Для любого данного контура можно получить обычную резонансную кривую умножением величин, указанных по оси абсцисс О. к. р., на $\nu_0 d$, и величин, указанных по оси ординат, на ток при резонансе $I_{макс}$.

Для двух связанных одинаковых контуров О. к. р. получаются различными в зависимости от отношения коэффициента связи k к затуханию контуров d. В справочниках приводятся семейства О. к. р., построенных для разных значений k/d. Переход от О. к. р. к обычной кривой в данном случае производится аналогично первому случаю.

Образ — понятие *кибернетики*, заимствованное из психологии, но, в отличие от принятого в психологии, кибернетическое представление образа исчерпывается сигнальной, информационной стороной представления некоторого входного воздействия. Необходимость в использовании понятия О. возникает в кибернетике в связи с решением задач моделирования ощущений и восприятий. В последние годы это направление кибернетики стало развиваться в рамках теории и техники *опознания образов*. В тех случаях, когда сигнальное воздействие носит характер текущего входного сигнала, говорят об О. восприятия. Если же сигнальное представление некоторого объекта обобщает типические стороны класса, к которому принадлежит объект, О. называют обобщенным (или эталонным).

Первоначально задача автоматического опознания О. ставилась довольно узко. Она сводилась к опознанию зрительных О., воспринимаемых фотоэлектроникой *перцептрона*, или опознанию слуховых образов речи, которые воспринимаются микрофонным устройством опознающей системы. Позже было установлено, что к этому же кругу задач относятся задачи классификации объектов любой природы, характеризуемых набором большого числа варьирующих параметров. В связи с этим в медицине при автоматической машинной диагностике говорят об О. заболевания, О. курса лечения, индивидуальном медицинском О. данного больного и т. д. В геологии, производя автоматический анализ результатов сейсмической разведки, приходится говорить об О., характеризующих залегание тех или иных полезных ископаемых, водоносных или нефтеносных пластов и т. д. Используя эти же методы для распознавания сложных ситуаций с целью принятия решения, оптимального в некотором смысле, говорят об О. опасной ситуации, нейтральной ситуации и т. д.

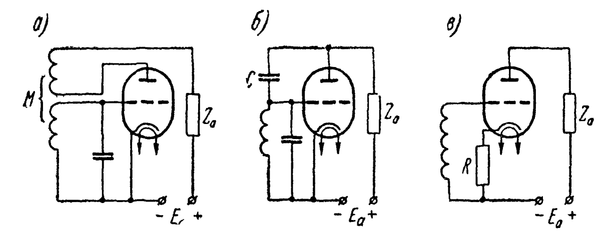
Обратная связь — одно из основных понятий кибернетики, теории автоматического регулирования и радиотехники, означающее воздействие результатов функционирования какой-либо системы на характер дальнейшего функционирования этой же системы. Если сигнал О. с. способствует усилению текущего воздействия, О. с. называют положительной. Если же в результате получения сигналов О. с. система ослабляет входное воздействие, О. с. называется отрицательной. В простейших случаях электрических (электронных) систем каналом О. с. может служить проводник, передающий выходной сигнал на вход той же системы, где происходит сложение сигналов при положительной О. с. и вычита-

ние — при отрицательной. В более сложных случаях О. с. может осуществляться через некоторый неявный канал связи. Так, например, для лектора, передающего звуковую информацию аудитории, сигналами О. с. могут явиться некоторые визуально наблюдаемые сигналы. В канал О. с. могут входить всевозможные преобразователи, усилители, аттенюаторы и т. д.

О. с. широко применяется в схемах, содержащих электронные лампы. Наиболее распространенный случай О. с. в таких схемах — воздействие колебаний в цепи анода лампы на цепь сетки той же лампы. О. с. между анодной и сеточной цепями данной лампы может быть создана с помощью специальных элементов схемы или возникнуть за счет *междуэлектродной емкости* сетка — анод. Наличие О. с. приводит к тому, что колебания, подведенные к сетке, складываются с усиленными лампой колебаниями, вернувшимися в цепь сетки из анодной цепи благодаря О. с. Если эти складывающиеся колебания совпадают по фазе, то они будут усиливаться, и тогда О. с. называется положительной. Отрицательной О. с. называют такую, при которой складывающиеся колебания находятся в противофазе и вследствие этого ослабляются.

При положительной О. с. часть энергии колебаний в анодной цепи передается в цепь сетки и компенсирует в ней потери энергии. Происходит уменьшение затухания колебаний. Такая компенсация затухания колебательного контура в цепи сетки используется в *регенераторе* для повышения его чувствительности и избирательности. Когда положительная О. с. столь сильна, что энергия, поступающая из анодной цепи, превышает потери энергии в цепи сетки, возникают незатухающие колебания; это имеет место в *ламповом генераторе*.

При отрицательной О. с., наоборот, часть энергии сеточной цепи отбирается цепью анода, уменьшается усиление, даваемое лампой, но зато повышается устойчивость работы усилителя и снижаются некоторые виды искажений в нем. С этой целью отрицательная О. с. часто применяется в усилителях.



Для индуктивной О. с. между цепями анода и сетки служит взаимная индуктивность *M* (см. рис. *а*), для емкостной О. с. включается емкость *C* (см. рис. *б*). Возможна также О. с. за счет включения активного сопротивления *R* в общий участок цепей сетки и анода (см. рис. *в*). О. с., осуществляемая с помощью реактивных элементов, может быть положительной или отрицательной (например, в случае индуктивной О. с. для этого достаточно поменять концы одной из катушек). О. с., осуществляемая с помощью общего активного сопротивления в цепях сетки и анода одной лампы, всегда отрицательна.

О. с. может также охватывать сразу несколько каскадов. В этом случае действие ее остается преж-

ним, но так как каскад усиления меняет фазу напряжения, то О. с., охватывающая несколько каскадов, при том же способе создания О. с. в зависимости от числа каскадов может быть как положительной, так и отрицательной.

В автоматических системах различают единичную и неединичную О. с. В первом случае весь выходной сигнал передается на вход, а во втором на вход поступает некоторая часть выходного сигнала или некоторая функция от него. Отрицательная О. с. уменьшает влияние помех, действующих на объект регулирования, и значительно повышает динамическую точность и устойчивость. Автоматические системы с О. с. являются замкнутыми динамическими системами. Примером такой системы может служить самолет с *автопилотом*. Любое отклонение от заданного курса определяется приборами и вызывает движение рулей самолета, которые стремятся восстановить курс. Здесь можно проследить действие сигналов измерительных устройств на автопилот. Последний управляет перемещением рулей, воздействующих на положение самолета. Цепь замыкается аэродинамическим поведением самолета, т. е. реакцией на движение управляющих рулей. В рассмотренном примере функцию О. с. выполняет достаточно сложное функциональное устройство, каким является автопилот. Многие системы имеют по нескольку различных О. с.

Обратное включение транзистора — включение транзистора в схему, при котором в качестве эмиттера используется коллектор, а в качестве коллектора — эмиттер. При О. в. т. коэффициент усиления по току и его граничная частота заметно снижаются по сравнению с нормальным, «прямым» включением того же транзистора, но одновременно уменьшается начальный ток коллектора и уменьшается *время рассасывания*, что важно для некоторых переключающих схем. Кроме того, О. в. т. используется при измерениях некоторых параметров транзистора. О. в. т. возможно при условии, что пробивное напряжение эмиттерного перехода данного транзистора не слишком низкое и тем самым допускает использование этого перехода в качестве коллекторного. Это условие обычно удовлетворяется у *сплавных транзисторов* и не удовлетворяется у *диффузионно-сплавных*.

Обратное зажигание — возникновение дугового разряда в ионных выпрямительных приборах — *газотроне*, *ртутном выпрямителе* и др. при обратном напряжении, т. е. при отрицательном напряжении на аноде прибора. По окончании положительного полупериода переменного напряжения на аноде дуговой разряд гаснет и начинается деионизация газа — рекомбинация положительных ионов газа и электронов в нейтральные газовые молекулы. Однако этот процесс довольно медленный, и количество ионов в баллоне прибора убывает постепенно. Если напряжение отрицательного полупериода на аноде прибора достигнет достаточной величины и количество оставшихся не рекомбинировавшихся ионов тоже еще велико, может начаться процесс дугового разряда — О. з.

Положительные ионы газа под действием сил электрического поля устремляются к аноду и бомбардируют его. Если скорость ионов велика, то количество энергии их достаточно, чтобы произвести работу выхода новых электронов из анода. Эти электроны движутся в ускоряющем поле по направлению к катоду, сталкиваясь с молекулами газа, ионизируют его, и количество ионов вновь начинает расти. Бóльшее число ионов обрушивается на анод, что, в свою очередь, приводит к увеличению числа новых электронов и т. д. Процесс идет, нарастая лавинообразно, в резуль-

тате чего и возникает дуговой разряд, т. е. происходит обратное зажигание, и прибор теряет свои вентильные свойства. Опасность обратного зажигания возрастает при чрезмерном повышении плотности паров ртути, заполняющих баллон многих ионных приборов, что связано с чрезмерным повышением температуры прибора.

Обратное напряжение — напряжение той полярности, при которой *диод*, *p—n* переход или любой прибор с односторонней проводимостью не проводит тока (или величина этого тока очень мала). При достаточно высоком О. н. происходит пробой, сопровождающийся резким увеличением обратного тока, а зачастую — разрушением прибора; в связи с этим введено понятие о предельно допустимом О. н. Для *p—n* перехода О. н. является такое, которое прикладывается плюсом к *n*-области, а минусом — к *p*-области полупроводника.

Обратное сопротивление — электрическое сопротивление вентиля (диода, *p—n* перехода или другого прибора с односторонней проводимостью) при приложении к нему *обратного напряжения*. О. с. может существенно зависеть от величины приложенного напряжения и резко падает при напряжениях, вызывающих пробой.

Обратный ток — 1) ток, возникающий в *вентиле* в направлении, в котором сопротивление его велико. Механизм возникновения О. т. в разных типах вентилей различен. Например, в газотронах вследствие того, что *деионизация газа* наступает не мгновенно после перехода приложенного переменного напряжения через нуль, под действием *обратного напряжения* возникает движение ионов к аноду. Если это напряжение велико, то может возникнуть дуговой разряд, ведущий к разрушению газотрона.

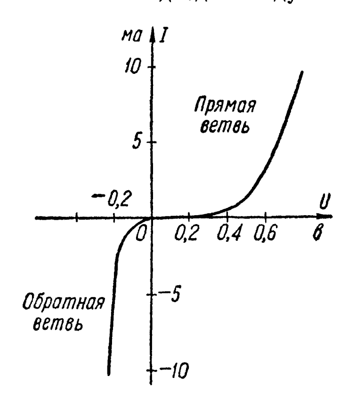
2) Ток, проходящий в полупроводниковых приборах через *p—n* переход при приложении к нему обратного напряжения. Этот ток является важным параметром полупроводникового диода, коллекторного перехода транзистора и других полупроводниковых приборов с *p—n* переходами. Обычно О. т. обусловлен неосновными носителями, для которых потенциальный барьер *p—n* перехода не является препятствием (см. *Электронно-дырочный переход*). Кроме того, в этот ток часто входят различные по физической природе поверхностные утечки и другие составляющие.

Величина О. т. сильно зависит от температуры и часто удваивается при повышении ее на каждые 10° С. У хороших *p—n* переходов (особенно в германиевых приборах) величина О. т. может оставаться почти постоянной при изменении обратного напряжения в широких пределах, но при приближении к пробивному напряжению резко возрастает.

Обратный ход луча — возвратное движение луча по экрану осциллографической трубки или кинескопа от конечной точки развертки к начальной. Для того чтобы след О. х. л. не накладывался на изображение или осциллограмму, во время О. х. л. на модулятор трубки подаются *гасящие импульсы*, запирающие луч.

Обращенный диод — разновидность *туннельного диода*, у которого туннельный эффект развивается в основном при *обратном напряжении*. При этом прямая ветвь вольт-амперной характеристики О. д. имеет такой же вид, как у обычного полупроводникового диода (без участка отрицательного сопротивления), а обратная ветвь, — как у туннельного диода, — начинается сразу же областью пробоя (см. рис.). То обстоятельство, что обратный ток О. д. нарастает быстрее прямого, послужило причиной названия этого прибора. Полярность выпрямлен-

ного О. д. постоянного напряжения противоположна той, которая получается при аналогичном включении обычного диода. Ввиду очень



быстрого нарастания обратного тока при небольших обратных напряжениях О. д. является ценным прибором для детектирования слабых сигналов.

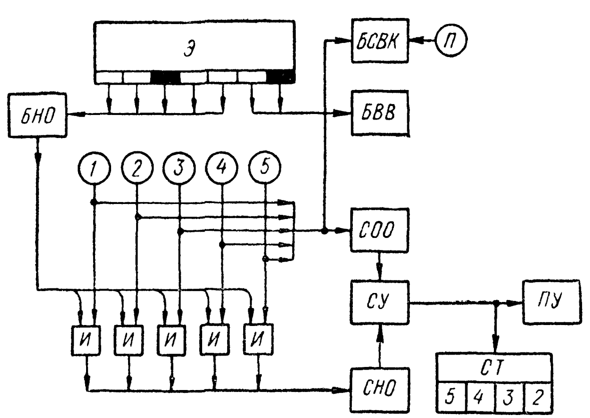
Обучаемая система — автоматическая система, улучшающая свои характеристики в процессе эксплуатации. Такая система должна обладать устройствами для накопления опыта, анализа и отбора результатов. В начале эксплуатации О. с. может не знать об условиях работы (т. е. о входных воздействиях и желаемых характеристиках). При работе в конкретных условиях О. с. должна вести автоматический поиск и по мере накопления опыта сужать область поиска, делая его все более целеустремленным. Таким образом, обучение автоматической системы соответствует указаниям о том, в каком направлении необходимо изменять структуру и параметры для того, чтобы достигнуть правильных результатов. При разработке О. с. часто отсутствует информация о действующих возмущениях и характеристиках объектов. Тогда система сама должна, каким-либо образом, добывать информацию, необходимую для правильной работы. Для построения О. с. начинают применять программный принцип, который состоит в замене жесткой структуры О. с. переменной с изменяющимися соотношениями между отдельными элементами. Управление изменениями структуры осуществляется по специальным программам. Роль структурной схемы у таких О. с. играет программа. В настоящее время выполнен ряд работ по моделированию О. с. на универсальных цифровых и аналоговых машинах. Для этого машины должны иметь логические элементы, программное управление и устройства памяти.

Обучающие машины — технические устройства, предназначенные для автоматизации процесса обучения людей некоторым фактам (математическим формулам, грамматическим правилам, принципам решения задач) и практическим навыкам. При массовом обучении применение О. м. позволяет существенно улучшить двусторонний контакт между обучающим и обучаемым.

Создание кибернетических О. м., удовлетворяющих всем требованиям педагогики, является сложной задачей, которая при современном уровне развития кибернетической техники в массовых масштабах неразрешима. Для этого необходима разработка весьма сложных программ и соответствующих им логических устройств, создание устройств ввода непосредственно с рукописного или печатного текста и с голоса, распознавания образов и т. д. Наиболее широкое применение получили в настоящее время относительно простые и дешевые О. м., предназначенные для самоконтроля учащихся, предварительной предэкзаменационной проверки, проверки готовности к выполнению лабораторных работ, а также различные тренажеры.

Примером контролирующей О. м. является машина «Экзаменатор».

Она имеет экран, на который проецируются задаваемые учащемуся вопросы, сопровождающиеся несколькими пронумерованными ответами, из которых лишь один является правильным. Обучаемый выбирает правильный, по его мнению, ответ и нажимает кнопку с соответствующим номером. После ответа на данную серию вопросов машина в зависимости от относительного количества правильных ответов выставляет оценку.



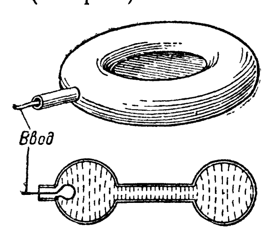
Информация хранится в машине на кинопленке, которая содержит от нескольких десятков до нескольких сотен кадров, проецируемых на экран. Каждый кадр разделен на две части, из которых на большей — верхней части — записан вопрос и пять ответов, а на нижней имеется полоса, разделенная на семь белых или черных прямоугольников, предназначенных для кодирования номера правильного ответа и времени, отведенного на его обдумывание.

На рис. приведена блок-схема О. м. «Экзаменатор». Нажатием кнопки *П* обучаемый включает лентопротяжный механизм, который под воздействием блока случайного выбора кадра *БСВК* перемещает кинопленку. После остановки кадра его кодовая часть проецируется на фотоэлементы блоков номера ответа *БНО* и выдержки времени *БВВ*. После нажатия обучаемым кнопки с номером ответа сигналы от нее поступают на счетчик общего количества ответов *СОО* и на одну из схем совпадения *И*, устанавливающую правильность ответа. При неправильном ответе срабатывает счетчик неправильных ответов *СНО*. Кроме того, после каждого нажатия кнопки учащимся или по истечение заданного времени на обдумывание автоматически включается *БСВК*, и на экран проецируется новый кадр. По окончании ответов на заданную серию вопросов срабатывает сравнивающее устройство *СУ*, определяющее общую оценку в зависимости от соотношения правильных и неправильных ответов. Эта оценка воспроизводится на световом табло *СТ* и, при наличии дополнительного перфорационного устройства *ПУ*, может быть поставлена в зачетную книжку. Все О. м., расположенные в классе программированного обучения, могут быть соединены со специальным пультом преподавателя, на котором повторяются оценки, полученные обучаемыми.

Дальнейшее развитие О. м. связано с микроминиатюризацией их типовых блоков, созданием специальных управляющих и воспринимающих приставок, обеспечивающих выдачу информации обучаемому в световой и звуковой (речевой) форме и непосредственную реакцию на голос обучаемого. На основе современных цифровых вычислительных машин могут быть созданы обучающие комплексы для обучения и контроля по достаточно сложной и разветвленной программе одновременно десятков и сотен человек.

Объемный резонатор (эндовибратор) — ограниченная проводящими стенками полость, внутри которой могут возникать электромагнитные колебания. Эти колебания могут возникнуть в О. р. в результате воздействия короткого электромагнитного импульса, аналогично тому, как возникают собственные колебания в отрезке *длинной линии*. О. р. является *колебательной системой*, обладающей множеством собственных частот. Возбудить электромагнитные колебания в О. р. можно так же, создавая у отверстия в стенке О. р. переменное электрическое поле или подводя переменное напряжение к штырьку или петле, расположенным внутри О. р. Внутри О. р. возникают переменные электрические и магнитные поля, а по его внутренней поверхности протекают переменные токи. В О. р. могут возникать различные конфигурации электрических и магнитных полей и различные распределения максимумов и минимумов амплитуд этих полей внутри О. р. (по своему происхождению эти максимумы и минимумы аналогичны пучностям и узлам стоячей электромагнитной волны). Каждой конфигурации электрического и магнитного полей свойственна вполне определенная частота, зависящая от формы и размеров О. р. Простейшая конфигурация электрического и магнитного полей в О. р. получается в том случае, когда О. р. представляет собой отрезок прямоугольного или *круглого волновода*, закрытый с обоих концов проводящими стенками. Эти конфигурации полей аналогичны тем, какие возникают в случае стоячих волн в волноводах. Наиболее длинная стоячая волна в таком О. р., во всяком случае, должна быть короче *граничной волны в волноводе*. Отсюда ясно, что только в диапазоне сверхвысоких частот (дециметровых и более коротких волн) размеры О. р., так же как и размеры волноводов, приемлемы для практических целей.

Помимо прямоугольных и цилиндрических О. р. (которые можно рассматривать как отрезки соответствующих волноводов, закрытых проводящими крышками), применяются О. р. других форм. В *клистронах*, например, чаще всего используются О. р. тороидальной формы (см. рис.). Силовые линии



электрического поля, возникающего в таком резонаторе, изображены пунктиром.

При совпадении частоты подводимого к О. р. извне переменного напряжения с частотой одного из собственных колебаний О. р. может наступить явление *резонанса*, который в О. р. выражен очень резко, так как они имеют высокую добротность (понятие, аналогичное *добротности контура*), ибо потери энергии в них очень малы. Прежде всего, если малы размеры отверстий, через которые осуществляется возбуждение колебаний

в О. р. и связь их с другими цепями, то очень малы и потери на излучение. Поскольку изоляторов внутри О. р. нет, в них практически отсутствуют диэлектрические потери. Но особенно важно то, что в О. р. малы потери на нагревание металла. Так как на очень высоких частотах вследствие *поверхностного эффекта* токи текут лишь по самой поверхности металла, то активное сопротивление, а значит, и потери на джоулево тепло тем меньше, чем больше поверхность проводника. В обычных колебательных контурах катушки индуктивности намотаны из провода небольшого сечения и примерно из такого же провода выполнены все соединения между элементами контура. Поэтому площадь сечения поверхностного слоя металла, перпендикулярная направлению, в котором протекают токи, очень мала. Обычные колебательные контуры на сверхвысоких частотах неприменимы из-за очень большого активного сопротивления и весьма значительных потерь энергии. О. р., у которых площадь сечения поверхностного слоя металла, перпендикулярная направлению текущих по поверхности электрических токов, велика и активное сопротивление мало, имеют такие высокие добротности, которые не могут быть получены в колебательных контурах даже на длинных волнах. Добротность тщательно выполненных О. р. может достигать 10^5 и более.

Для настройки О. р., т. е. изменения их собственных частот, нужно изменять соответствующие размеры резонатора. С этой целью применяют раздвижные резонаторы, но недостаточно хороший контакт между подвижными стенками О. р. увеличивает потери энергии и ухудшает добротность. Более высокую добротность имеют О. р. с упругими стенками, за счет деформации которых можно немного изменять собственные частоты резонатора (в небольших пределах). Кроме того, деформация стенок О. р. нарушает наивыгоднейшую (для данного типа волн) его форму, вследствие чего добротность О. р. снижается.

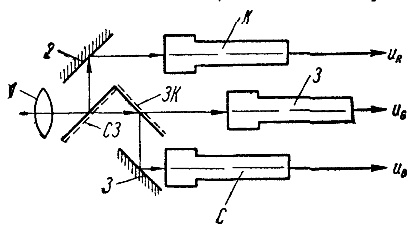
Высокая добротность О. р. определяет область их применения в технике сверхвысоких частот в качестве колебательных систем с резко выраженными резонансными свойствами. Однако невозможность изменения в широких пределах собственных частот этих систем осложняет применение О. р.

Ограничение напряжения или тока — выделение части сигнала (напряжения, тока) произвольной формы, лежащей выше некоторого порогового уровня U_1 (ограничение снизу) или ниже некоторого уровня U_2 (ограничение сверху), или между уровнями U_1 и U_2 (двустороннее ограничение). Схемы, осуществляющие ограничение напряжения или тока, называются *ограничителями*. Функции последних выполняют ключи и амплитудные селекторы.

Ограничитель (в ламповой схеме) — каскад с электронной лампой, срезающий подводимые к нему напряжения, если они лежат выше определенного предела, т. е. ограничивающий пропускаемые напряжения этим пределом («уровень ограничения»). В О. применяются диоды или многоэлектродные лампы. Работа О. обычно основана на том, что ток в цепи одного из электродов лампы возникает тогда, когда напряжение на этом электроде превысит некоторое значение, являющееся запирающим напряжением. Уровень ограничения определяется выбором постоянного напряжения на данном электроде. О. применяются для ослабления помех радиоприему, имеющих характер отдельных сильных импульсов, для ослабления шумов при приеме частотной модуляции и т. д.

Одновибратор — *релаксационный генератор импульсов*, работающий в *ждущем режиме*.

Одновременная система цветного телевидения — система с одновременной передачей и приемом цветовых сигналов, создаваемых трехтрубочной камерой (см. рис.). Одним общим объективом, двумя *цветоделительными зеркалами* и двумя обычными зеркалами на фотокатодах трех трубок (*суперортиконов* или *видиконов*) создаются три



1 — объектив; *2*, *3* — обычные зеркала; *СЗ* — светоделительное зеркало, пропускающее синие и зеленые лучи и отражающее красные; *ЗК* — светоделительное зеркало, пропускающее зеленые и красные лучи и отражающее синие; *К*, *З*, *С* — передающие трубки, создающие цветовые сигналы u_R, u_G и u_B.

одинаковых цветоделенных оптических изображения. Три считывающих луча движутся синхронно и синфазно с помощью трех одинаковых отклоняющих систем, соединенных последовательно и питающихся от общих генераторов пилообразного тока. В результате на выходе каждой трубки одновременно появляются цветовые сигналы u_R, u_G, u_B каждого элемента изображения; эти сигналы одновременно передаются по трем разным каналам.

Прием цветного изображения в О. с. ц. т. осуществляется тремя способами. Наиболее распространен прием с помощью *масочной цветной приемной трубки*. В проекционном цветном телевизоре три цветоделенных изображения воспроизводятся на трех кинескопах, экраны которых светятся красным, зеленым и синим светом. Эти изображения проецируются на общий внешний экран тремя объективами. Наложение цветоделенных изображений воспроизводит изображение в натуральных цветах.

Наконец, прием цветного изображения в О. с. ц. т. возможен с помощью трех обычных кинескопов (с белым свечением экрана), расположенных в тех же местах, где находятся передающие трубки камеры. (На рис. все стрелки — направление распространения света и сигналов — надо повернуть в противоположную сторону.) Если на управляющие электроды подать сигналы u_R, u_G, и u_B, то на экранах будут воспроизводиться три черно-белых изображения с распределением яркости, пропорциональным цветоделенным изображениям. Суммарное цветное изображение наблюдается зрителем, расположенным там, где в камере (см. рис.) стоит объектив *1*. Изображения всех трех экранов совмещаются (накладываются друг на друга) в глазу наблюдателя благодаря зеркалам.

Однополосная передача — передача, при которой излучается только одна *боковая полоса* модулированного колебания, а колебание несущей частоты и другая боковая полоса, получающаяся при модуляции, устраняются. Простейший метод получения одной боковой полосы состоит в том, что колебание несущей частоты исключается в схеме *балансной модуляции*, а вторая боковая полоса задерживается фильтром. Для приема сигналов О. п. на приемной станции колебание несущей частоты должно быть восстановлено, для чего служит специальный гетеродин с частотой, равной несущей частоте передающей станции. О. п., хотя и требует усложнения приемного устройства, но по сравнению с обычной передачей обладает рядом преимуществ, главное из которых состоит в гораздо более эффективном использовании мощности передающей радиостанции.

Однополупериодное выпрямление — выпрямление, при котором через выпрямитель ток проходит только в течение одного полупериода, т. е. пропускается только одна «полуволна» переменного тока. Простейшая схема О. в. с помощью кенотрона и график выпрямленного тока изображены на

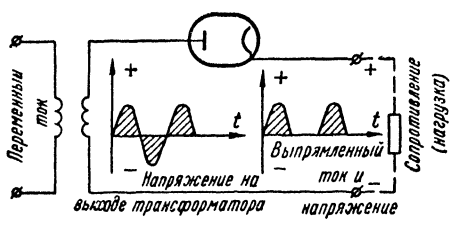


рис. Для О. в. в цепь переменного тока включается один *вентиль*. О. в. является наиболее простым, однако оно дает малый к. п. д. и после него *сглаживание* пульсаций выпрямленного тока осуществить труднее, чем после *двухполупериодного выпрямителя*.

Однородные системы — кибернетические управляющие и вычислительные системы непрерывного или дискретного действия, обладающие следующим специфическим свойством: управляющие сигналы распространяются в них в виде волн возбуждения, как в однородной среде. О. с. непрерывного действия иногда называют континуальными моделями. Идеи О. с. возникли в связи с попытками моделирования актов поведения живых организмов, так как в физиологическом эксперименте, предшествующем моделированию, зачастую весьма трудно выделить отдельные элементы. Поэтому описание системы не через отдельные элементы, а непосредственно, чрезвычайно полезно. Исследования показали, что О. с. обладают спонтанной активностью, имеют память, а каждая точка среды в О. с. может служить счетчиком числа элементарных возбуждений. Было установлено также, что О. с. высоконадежны. Первые попытки построения О. с. выявили их высокую технологичность, обусловленную тем, что все элементы одинаковы, одинаково соединены между собой и просты по конструкции.

Биологическим прототипом О. с. является механизм распространения волн возбуждения в мышечной ткани сердца, в коре головного мозга и т. д.

Односторонняя проводимость — свойство ряда типов электронных и полупроводниковых приборов проводить ток в одном направлении лучше, чем в другом. Все такие приборы называются вентилями. Типичным вентилем является *полупроводниковый диод*.

Однострочное телевидение — телевизионная система, в которой развертка поперек строк осуществляется путем движения камеры. В О. т. нет четкого деления на кадры — получается передача непрерывной полосы, фотографируемой на приемном конце на пленку.

Окантовка изображения — темные или светлые полоски на границах (контурах) изображения объектов, подчеркивающие контуры и создающие впечатление рельефности. О. и. получается в результате чрезмерного выброса переходной характеристики телевизионной системы, т. е. подъема *частотно-контрастной характеристики* в области верхних частот спектра сигнала.

Оксидные лампы — электронные лампы с активированным *оксидным катодом*. К ним относится подавляющее большинство приемно-усилительных ламп и маломощных кенотронов, а также генераторные лампы малой и, частично, средней мощности.

Оксидный катод — активированный катод электронных ламп, представляющий собой обычно никелевую поверхность, покрываемую,

до заварки лампы в колбы, смесью углекислых солей бария, стронция, иногда кальция. После создания в лампе вакуума, путем прокаливания катода добиваются превращения этих солей на поверхности катода в смесь окислов бария, стронция, кальция. В дальнейшем, в процессе активировки катода часть окислов разлагается, и в толще его активного покрытия образуется некоторое количество атомов чистых металлов.

О. к. имеет рабочую температуру около 1100° K, при которой *эффективность катода* доходит до 100 *ма/вт*. Важное значение имеет способность О. к. давать в импульсном режиме ток эмиссии до 100 *а/см*², в то время как в режиме непрерывной работы этот ток не превосходит 0,5 *а/см*² (см. *Импульсная генераторная лампа*).

Октава — интервал изменения частоты колебания в два раза. В технической шкале частот начальные частоты каждой О. определяются числом 2^N, где $N = 0$; 1; 2. Таким образом, получим ряд частот, отличающихся на октаву: 1; 2; 4; 8; 16 *гц* — частоты инфразвуковых колебаний, не слышимых человеческим ухом; 32; 64; 128; 256; 512; 1024; 2048; 4096; 8132; 16 384 *гц* — частоты звуковых колебаний, слышимых человеком и соответствующих нотам «до» в музыке. Далее следуют частоты ультразвуковых колебаний, также не слышимые человеком: 32 768; 65 536 *гц* и т. д.

Частотные диапазоны могут быть выражены в О., причем число их

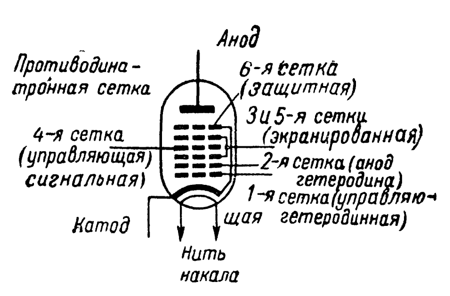
$$N = \log_2 \frac{f_\text{в}}{f_\text{н}} = 3{,}34 \lg \frac{f_\text{в}}{f_\text{н}},$$

где $f_\text{в}$ и $f_\text{н}$ — верхняя и нижняя частоты диапазона. Например, термин «полуоктавный фильтр» означает, что верхняя частота полосы прозрачности фильтра на пол-октавы выше нижней частоты, т. е. $f_\text{в} = f_\text{н}\sqrt{2}$. Частотный диапазон основных тонов звуков большого концертного рояля составляет 8,3 октавы. В современной музыке О. делится на 12 ступеней, называемых полутонами. Если частота основного тона музыкального звука равна f, то частота основного тона следующего музыкального звука (на полтона выше) равна

$$f\sqrt[12]{2} = f \cdot 1{,}054.$$

Октальный цоколь — восьмиштырьковый стандартный цоколь большинства электронных ламп. Штырьки нумеруются по часовой стрелке, начиная от выступа на ключе, если смотреть на цоколь снизу. В зависимости от типа лампы схема подключения ее электродов к штырькам цоколя (цоколевка лампы) меняется. Эта схема приводится в справочниках.

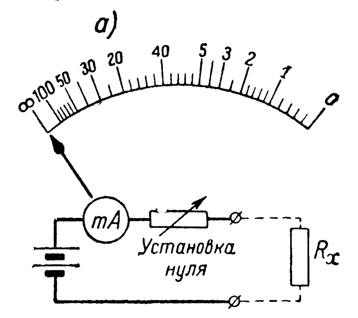
Октод — электронная лампа, имеющая восемь электродов: катод,



шесть сеток и анод (см. рис.). Применяется в качестве частотопреобразовательной и *смесительной лампы*.

Омметр — прибор для измерения сопротивлений, с непосредственным отсчетом величины сопротивления в омах. Представляет собой чувствительный электроизмерительный прибор постоянного тока, проградуированный в омах, и источник постоянного напряжения (обычно сухую батарею). В О. с последовательной схемой (см. рис. *а*)

измеряемое сопротивление включается последовательно, а в О. с параллельной схемой (см.



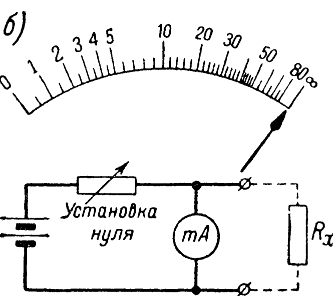


рис. *б*) — параллельно с измерительным прибором.

Ондулятор — аппарат, в котором телеграфные сигналы записываются в виде зигзагообразной линии на бумажную ленту.

Оперативное запоминающее устройство — *запоминающее устройство*, связанное при работе цифровых вычислительных машин непосредственно с *арифметическим устройством*. Обычно О. з. у. представляют собой быстродействующие запоминающие устройства с произвольной выборкой информации. *Емкость* О. з. у. современных цифровых вычислительных машин универсального назначения составляет от 256 до 32 000 слов в одном устройстве, причем количество разрядов колеблется от 30 до 70. Цикл обращения современных О. з. у. большой емкости (порядка 10^5—10^6 двоичных единиц) находится в диапазоне 1,5—2 *мксек*. Указанные времена можно существенно — почти на порядок — уменьшить, если применить микроминиатюрные ферритовые сердечники или тонкие *магнитные пленки*. О. з. у. состоит из накопителя, который иногда называется «числовым кубом» или просто «кубом», и электронной схемы управления. Электроника современных О. з. у. базируется исключительно на полупроводниковых триодах и диодах. Накопители строятся преимущественно на миниатюрных ферритовых тороидальных сердечниках или, в последнее время, на тонких магнитных пленках.

Операционный усилитель — ламповый или транзисторный усилитель постоянного тока, имеющий большой коэффициент усиления и малый дрейф нуля. О. у. является основным блоком электронных *аналоговых вычислительных машин*. О. у. используется в качестве суммирующего, интегрирующего или дифференцирующего усилителя для выполнения операций сложения, интегрирования или дифференцирования; режим работы определяется выбором соответствующего типа входных цепей и цепей обратной связи, а также коммутацией. В качестве О. у. могут применяться также *магнитные усилители*, охваченные глубокой отрицательной *обратной связью*.

Опознание образов — одно из направлений современной *кибернетики* и *бионики*, рассматривающее логико-информационные процессы опознания объектов любой природы, а также разрабатывающее *алгоритмы* опознания этих объектов и принципы технической реализации таких алгоритмов. Объектами опознания могут быть любые предметы внешнего мира (люди, машины, небесные тела и т. д.), любые изображения предметов (фотографии

рентгеновские снимки, чертежи и пр.), любые физические процессы и явления (речь, сейсмические колебания, погода и т. д.), физиологические процессы (заболевания, ритмика, иррадиация возбуждения и т. п.), социальные процессы (конфликтные ситуации, организация коллектива и т. д.). Совокупная информация, характеризующая объект опознания, называется *образом*. Воспринятый образ сравнивается с набором некоторых эталонов, хранящихся в запоминающем устройстве опознающей системы, — для определения сходства опознаваемого образа с одним или несколькими эталонами. Степень сходства имеет количественную оценку, например, по коэффициенту взаимной корреляции воспринятого образа и эталона. Каждый эталон характеризует класс образов, поэтому задачу опознания можно представлять так же, как задачу классификации — воспринятый образ должен быть отнесен к одному из классов.

В зависимости от назначения опознающего устройства может осуществляться либо индикация опознанного образа, либо приведение в действие соответствующего исполнительного устройства. Таким образом, упрощенно структура опознающей системы состоит из следующих частей: входной блок (рецепторное устройство), блок логической обработки воспринятой информации (ассоциирующее устройство), выходной блок (эффекторное устройство). В работе электронных опознающих систем прослеживается некоторая аналогия с органами чувств, осуществляющими восприятие внешней среды (перцепцию). Поэтому часто опознающие системы называют перцептронами.

Развитие опознающих систем чрезвычайно важно для прогресса науки, техники, транспорта, связи, медицины и др. Уже сейчас в ряде случаев полная автоматизация не может быть осуществлена лишь из-за того, что требуется опознавать те или иные ситуации, а это пока могут делать только люди. Использование опознающих систем резко улучшит возможность общения людей и машин, так как появится возможность управлять машиной голосовыми командами, голосом вводить в нее необходимую информацию, заставлять считывать те данные, которые записаны в виде печатного или рукописного текста. Это поможет созданию совершенных *роботов*, которые, осуществляя разведку труднодоступных мест или выполняя самостоятельную работу без участия людей, смогут целесообразно взаимодействовать с окружающей их средой. По мере совершенствования опознающие системы можно будет использовать для сенсорного протезирования утерянных человеком органов чувств, что существенно поможет слепым или глухим людям воспринимать соответственно зрительную и слуховую информацию.

При решении как теоретических, так и практических задач О. о. встречаются значительные трудности. Первая из них состоит в том, что абсолютное описание воспринимаемого образа обычно сильно варьирует от случая к случаю, а значит всегда существенно отличается от эталона. Попытка записать все возможные отличия безуспешна, так как для этого требуется запоминающее устройство, емкость которого превосходит возможности современной техники. Единственным выходом является создание автомата, который может вырабатывать обобщенный образ класса объектов. В ряде случаев такое обобщение происходит в процессе «обучения» автомата, когда опознающей системе предъявляются представители каждого класса, причем одновременно оператор указывает, к какому классу принадлежит воспринимаемый образ. Строго говоря, обучение заключается в наборе статистики различных пара-

метров образов, исследованию этой статистики и выработке правила, по которому неизвестная реализация образа должна относиться к тому или иному классу. Собственно опознание состоит в применении этого решающего правила (решающей функции) для отнесения опознаваемого образа к определенному классу по параметрам (признакам) данной реализации. Вид решающей функции зависит, главным образом, от структуры пространства образов (форма области класса образов, вид аппроксимирующей поверхности, взаимное расположение областей в пространстве параметров и т. д.). Чаще всего стараются свести решающую функцию к плоскости или сфере, т. е. разделение классов осуществляют путем построения в пространстве образов указанных поверхностей. Иногда это не удается. Может оказаться, что вид решающих поверхностей настолько сложен, что пространство образов приходится разбить на сравнительно небольшие кубики и производить аппроксимацию решающих поверхностей в каждом таком кубике.

Критерием правильности выбора решающей функции может быть критерий Байеса — критерий математической статистики, смысл которого состоит в оценке ожидаемого риска потерь, складывающегося из количества ошибок опознания и стоимости каждой ошибки. Решающее правило, выбранное в соответствии с правилом Байеса, обеспечивает минимум потерь при решении задачи опознания. Кибернетикам известно, что чем сложнее решающее правило классификации (опознания), тем сложнее аппаратура для технической реализации его в виде перцептрона. Поэтому большие усилия исследователей направлены на то, чтобы существенно упростить решающие правила.

Хотя в настоящее время еще неизвестны механизмы органов чувств человека и животных, есть основания полагать, что эти живые прообразы могут служить хорошим примером для техники. В связи с этим сложилось специальное направление в О. о., использующее принципы *бионики*. При таком подходе стремятся построить перцептрон в виде нейронной структуры, элементами которой являются аналоги нервных клеток — *нейроны*.

К первым опознающим устройствам относятся читающая машина В. Е. Агапова (1932 г.) и динамический анализатор для классификации звуков речи Л. Л. Мясникова (1942 г.). В последующие годы в связи с развитием вычислительной техники и с формированием идей кибернетики стали появляться все новые модели опознающих устройств и их технические реализации. Известны десятки типов читающих машин, ряд опознающих устройств для автоматического диагноза заболеваний, устройства для опознания небольших и фиксированных наборов слов, некоторое число опознающих устройств бионического типа (перцептроны со случайными связями между элементами, *мадалин*, модели сетчатки глаза лягушки, голубя, пчелы и ряд других).

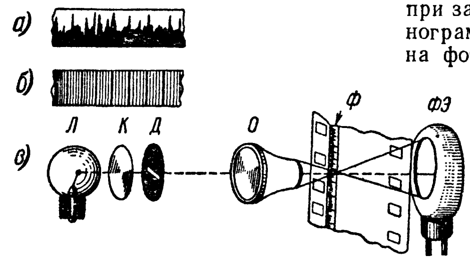
Опознающие устройства — см. *Опознание образов.*

Оптимальная связь — та величина связи между *контурами*, при которой в условиях *резонанса*, под действием переменной э. д. с. в одном из контуров, получается наибольшая амплитуда тока в другом контуре.

Оптическая запись звука — система записи электрических сигналов в диапазоне звуковых частот путем фиксации колебательного процесса фотографическим методом на светочувствительную пленку. Записываемые электрические сигналы подаются с *микрофона* на усилитель записи, а затем на модулятор света. Оптическая система модулятора света содержит источник

света, систему линз и устройство, изменяющее световой поток источника в зависимости от напряжения, подводимого к данному устройству. Система линз обеспечивает получение тонкой световой полоски (называемой штрихом) на светочувствительном материале. Последний обычно имеет вид киноленты, которая равномерно продвигается через модулятор света с помощью специального лентопротяжного механизма.

О. з. з. широко применяется, например, в *звуковом кино* и осуществляется в двух основных вариантах — поперечной записи и записи переменной плотности.



Простейший вид *фонограммы* поперечной записи показан на рис. *а*. В данном случае, в зависимости от подводимого к модулятору света напряжения, изменяется длина штриха. При равномерном движении киноленты соответственно изменяется длина засвечиваемого участка. После проявления получается фонограмма, показанная на рис. и отображающая колебательный процесс, соответствующий *сигналу вещательной передачи* или звукового сопровождения кинофильма.

Простейший вид фонограммы переменной плотности (см. рис. *б*) получается аналогичным способом. Разница заключается в том, что изменяется световой поток, засвечивающий киноленту при постоянной длине штриха.

Оптическая система воспроизводящего устройства показана на рис. *в*. Нить электрической лампы *Л* изображается с помощью собирающей линзы (конденсора) *К* во входном отверстии объектива *О*; этим достигается равномерное освещение щели, вырезанной на диафрагме *Д*. Данная щель с помощью объектива *О* проецируется в уменьшенном виде на равномерно движущуюся фонограмму *Ф*, отпечатанную фотографическим способом на так называемой звуковой дорожке киноленты. Таким образом получается «читающий» световой штрих. В результате просвечивания фонограммы воспроизводятся те изменения светового потока, которые происходили в модуляторе света при записи. Прошедший сквозь фонограмму световой поток подается на фотоэлемент *ФЭ*, в электрической цепи которого происходят соответствующие изменения напряжения. Полученный электрический сигнал подается на усилитель воспроизведения, а затем на громкоговоритель. Воспроизводящее устройство, называемое звуковым блоком, имеется в кинопроекторе обычных кинофильмов.

Оптическая телефония — передача звуков при помощи модулированных световых сигналов. На передающей станции передаваемые звуки модулируют источник света, изменяя его яркость. А на приемной станции пришедший модулированный свет, воздействуя на фотоэлемент, вызывает в его цепи электрические колебания, подобные тем, которыми был модулирован передатчик. Принципиально О. т. отличается от радиотелефонии тем, что световые волны гораздо короче, чем радиоволны. В силу этого практические возможности О. т. существенно отличаются от радиотелефонии. С одной стороны, дальность О. т. ограничена пределами прямой видимости и прозрачностью атмосферы, а с другой, в О. т. могут быть получены гораздо более

широкие *полосы пропускания* и осуществлены гораздо более узкие *диаграммы направленности*, чем в радиотелефонии.

Оптический генератор (лазер) — генератор электромагнитных волн оптического диапазона, работающий по принципу *квантового усилителя.* В О. г., в которых вещество, испускающее кванты индуцированного излучения, представляет собой твердое тело (кристалл), инверсия населенности уровней создается обычно методом импульсной оптической накачки — освещением кристалла мощными импульсами света, частота которого подбирается, например, по тому же принципу как и в квантовом усилителе с тремя уровнями энергии.

Под действием мощных импульсов света большинство атомов переходит на самый высокий из трех уровней энергии, так что населенность этого уровня оказывается много выше, чем ближайшего нижележащего уровня. При этом возникает индуцированное излучение квантов с частотой, соответствующей переходу с высшего энергетического уровня на ближайший нижележащий.

Вместо объемного резонатора, применяемого в квантовом усилителе, роль резонатора в О. г. играет, например, система из двух параллельных плоских зеркал. (Некоторые О. г. с твердым телом работают не в импульсном, а в непрерывном режиме, но мощность их меньше, чем импульсных О. г.).

В О. г., в которых атомы, испускающие кванты индуцированного излучения находятся в газообразном состоянии (например, смесь атомов гелия и неона), переход атомов неона на уровни с высокой энергией происходит при соударении их с атомами гелия, предварительно переведенными на высокие энергетические уровни электрическим разрядом.

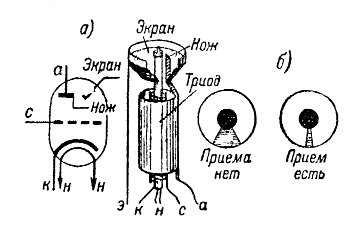
Отличительная особенность обычных источников света по сравнению с О. г. состоит в следующем: во всех источниках света, кроме О. г., кванты, излучаемые отдельными атомами источника, могут быть достаточно близки по частоте, если созданы условия возбуждения, при которых во всех атомах происходят переходы между одинаковыми энергетическими уровнями, т. е. если излучается одна линия *спектра.* Но излучение, испускаемое различными атомами тела, может иметь произвольные фазы и произвольную поляризацию. Это значит, что во всех обычных источниках света (кроме О. г.) излучение различных атомов некогерентно. Поэтому свет, посылаемый обычным протяженным источником, не может быть собран в параллельный или даже достаточно медленно расходящийся пучок. Источник излучения является протяженным, все атомы его не могут одновременно находиться в фокусе зеркала, и поэтому излучение, посылаемое каждым атомом, фокусируется зеркалом в направлении, несколько отличающемся от направлений, в которых фокусируется излучение всех других атомов. Преобразовать этот расходящийся световой пучок в параллельный при помощи какой-либо оптической системы невозможно, так как световые лучи, идущие в различных направлениях, некогерентны между собой.

Принципиально по-иному обстоит дело в О. г. Так как все излучаемые кванты имеют частоту, фазу, поляризацию и направление распространения, определяемые одной и той же вызывающей индуцированное излучение электромагнитной волной, то излучение, возникающее во всех атомах, оказывается когерентным. В этом и состоит важное отличие О. г. от всех других источников света. Благодаря этому излучение всех атомов в О. г. собирается в один пучок когерентных лучей, причем расхождение этого пучка определяется только явлением *дифракции волн*,

т. е. размерами зеркал, и не зависит от размеров излучающего тела (играющих существенную роль при получении сфокусированных пучков света от обычных источников). Угол, под которым расходится пучок лучей О. г., может быть доведен до 20 угловых секунд и даже до еще меньшей величины. Когерентность излучения, испускаемого различными атомами, приводит также к тому, что все излучение О. г. сосредоточено в очень узкой полосе частот (порядка 10 *кгц*). При той мощности, которая может быть достигнута в О. г., спектральная плотность их излучения в 10^7—10^8 раз превышает спектральную плотность излучения Солнца. Очень узкая полоса частот, излучаемых О. г., позволяет с большой точностью измерять эту частоту и поддерживать стабильность ее излучения. Малая расходимость пучков света, посылаемого О. г., дает возможность передавать световую энергию на очень большие расстояния, а высокая частота колебаний О. г. — передавать широкую полосу частот. Высокая стабильность частоты О. г. позволяет применять их для различных измерительных целей. Благодаря большой плотности энергии в луче О. г. его можно применять в различных технологических процессах (точечная сварка, пробивка отверстий и т. д.).

Название О. г. — «лазер» — того же происхождения, что и название квантового усилителя «мазер», в котором буква М заменена буквой Л — начальной буквой английского слова «свет».

Оптический индикатор настройки — электронный индикатор настройки, называемый иначе «магическим глазом». Широко применяется в приемниках, в которых точная настройка на слух вследствие наличия автоматической регулировки усиления затруднительна (главным образом в супергетеродинах), а также в измерительной аппаратуре. О. и. н. представляет собой электронную лампу, в одном баллоне которой совмещаются триод и собственно индикатор. Конусообразный люминесцирующий экран (см. *Люминесценция*) индикатора, дающий зеленое свечение под ударами электронов, служит анодом. Внутри конуса расположены катод, являющийся продолжением катода триода, и управляющий электрод в форме ножа, соединенный внутри с анодом триода (см. рис. *а*). Отклоняя



летящие к экрану электроны, управляющий электрод вызывает появление на экране темного сектора, размеры которого зависят от напряжения на управляющем электроде.

При изменении под действием приходящих сигналов анодного тока усилительного триода изменяется напряжение на его аноде, а вместе с тем и напряжение на управляющем электроде, вследствие чего изменяются размеры темного сектора на экране индикатора. При настройке в резонанс сектор суживается до минимума (см. рис. *б*).

Орбитер — медленное круговое перемещение электронного изображения и считывающего растра на мишени *суперортикона*, осуществляемое так, что потенциальный рельеф относительно растра остается неподвижным. При этом на мишени не «выжигается» рельеф неподвижного изображения, что увеличивает срок службы трубки.

Органические полупроводники — органические соединения, обладающие свойствами полупроводников: полициклические ароматические соединения (нафталин, перилен

и др.), красители и пигменты (фталоцианин меди, хлорофилл, каротин) и некоторые полимеры (например, термически обработанный полиакрилонитрил). Удельное сопротивление О. п. при комнатной температуре составляет от 1 до 10^{14} *ом·см* и резко снижается при повышении температуры. У большинства О. п. наблюдаются фотоэлектрические свойства, *эффект Холла* и другие явления, свойственные полупроводникам. Механизм электропроводности О. п. связан с движением электронов, причем встречается как электронный, так и дырочный тип проводимости.

Ореол — светлое размытое кольцо вокруг яркой точки изображения на экране кинескопа. О. получается в результате освещения люминофора лучами из яркой точки, испытывающими полное внутреннее отражение на границе стекло — воздух.

Ортикон — телевизионная передающая трубка с использованием *принципа накопления зарядов*. Отличается от *иконоскопа* полупрозрачными *мозаикой* и *сигнальной пластиной*. Благодаря этому освещение и коммутация мозаики осуществляются с противоположных сторон, что устраняет *трапецеидальные искажения* при развертке. О. работает в *режиме медленных электронов*, вследствие чего отсутствует паразитный сигнал «черного пятна» и *световая характеристика* в начальной части прямолинейна (отсюда название: «орт»). О. вытеснен более совершенной и чувствительной трубкой — *суперортиконом*.

Освещенность — облученность какой-либо поверхности, измеряемая *световым потоком*, приходящимся на единицу поверхности. Единица О. — люкс (*лк*). 1 люкс равен 1 люмену, равномерно падающему на 1 $м^2$.

Основная частота — частота, соответствующая периоду какого-либо периодического, но не гармонического колебания (т. е. колебания, по форме отличающегося от синусоидального). О. ч. называют так для того, чтобы отличить ее от частот тех гармоник, которые содержатся в *спектре* периодического, но не гармонического колебания. Гармоники, имеющие частоты, кратные О. ч., обозначают номерами, соответствующими этой кратности. Поэтому О. ч. часто называют первой гармоникой. Следует отметить, что амплитуда колебания О. ч. в спектре какого-либо периодического, но не гармонического колебания может быть равна нулю, т. е. первая гармоника в этом спектре может отсутствовать. Так, например, колебание, содержащее две гармонические составляющие с частотами 2ν и 3ν, т. е. периодами $T_2 = 1/2\nu$ и $T_3 = 1/3\nu$, имеет общий период $T = 1/\nu = 3T_3 = 2T_2$. Именно в этом отрезке времени укладывается наименьшее целое число как периодов T_3, так и периодов T_2, т. е. весь процесс за время T один раз повторяется. Но колебанию с периодом $T = 1/\nu$ соответствует О. ч. ν, которая в спектре рассматриваемого колебания отсутствует; в нем присутствуют только вторая гармоника 2ν и третья гармоника 3ν.

Основной тон — гармоническое колебание *основной частоты* в спектре какого-либо негармонического колебания.

Основной тон речи — параметр речевого сигнала, в значительной мере определяющий индивидуальные и интонационные особенности голоса, а в ряде случаев и смысловое содержание речи. Частота О. т. р. зависит от частоты колебаний голосовых связок. Фразы, насыщенные эмоциональным содержанием, характеризуются значительными изменениями О. т. р. Изучение частот и скоростей изменения О. т. р. имеет большое значение при разработках систем связи, *вокодеров*, устройств, реагирующих на речевые сигналы, аппаратуры

частотной компрессии речи и других устройств, применяемых в современной технике передачи информации и в медицине.

Основные носители — электроны в электронном полупроводнике или дырки в дырочном полупроводнике, т. е. носители, равновесная концентрация которых выше в данном материале (см. *Примесный полупроводник*).

Основные цвета — три цвета: красный, зеленый и синий, из которых путем сложения воспроизводится цветное изображение. Основные цвета приемника (*цветного кинескопа)* выбираются возможно ближе к чистым *спектральным цветам*. При этом стремятся к тому, чтобы цветовой треугольник *RGB* на *диаграмме цветности* (цветовом графике) занял возможно бóльшую площадь реальных цветов.

Остаточный магнетизм — свойство некоторых ферромагнитных тел сохранять после исчезновения намагничивающего поля *магнитную поляризацию* благодаря *коэрцитивной силе*. Количественно О. м. характеризуется величиной *остаточной магнитной индукции*. Чистое железо обладает очень малой коэрцитивной силой и, следовательно, не обладает заметным О. м. Большая коэрцитивная сила, обусловливающая устойчивый О. м., характерна для специальных сортов стали и сплавов, применяемых для изготовления постоянных магнитов.

Острота настройки приемника — свойство приемника, характеризующее изменение силы приема при *расстройке*. Чем резче происходит это изменение, тем больше О. н. п. О. н. п. тесно связана с его *избирательностью*.

Осциллограмма — результат записи с помощью *осциллографа* хода какого-либо процесса во времени. Часто О. называют кривые, наблюдаемые на экране осциллографа.

Осциллограф — прибор для наблюдения и записи электрических процессов (характера их протекания во времени). Приборы, служащие только для наблюдения процессов, называют осциллоскопами. Наиболее распространенным является *электронный О.*, в котором для наблюдения и регистрации процессов служит электронно-лучевая трубка. Электронный О. позволяет наблюдать самые быстрые электрические процессы, длящиеся малые доли микросекунды (что соответствует частотам в десятки мегагерц и более). Для наблюдения и регистрации медленных процессов, соответствующих частотам не более нескольких килогерц, применяются также магнитоэлектрические, или *шлейф-осциллографы*.

Осциллоскоп — см. *Осциллограф*.

Ответные помехи (радиолокационной станции) — *активные помехи*, создаваемые путем приема радиоимпульсов радиолокационной станции и посылки ответных импульсов на той же частоте и с такой же длительностью и частотой следования. Ответные импульсы могут посылаться с различной задержкой во времени и могут быть модулированы по амплитуде. Прием таких ответных сигналов приемником радиолокационной станции создаст на экранах индикаторных устройств отметки ложных целей, маскирующие отметки истинных целей.

Отклоняющая система — устройство, отклоняющее электронный пучок или *электронное изображение* в *электронно-лучевых трубках*, *электронно-оптических преобразователях* и т. д. О. с. осуществляет таким образом *развертку*. Применяются электростатическая, магнитная и смешанная О. с. Электростатическая О. с. обычно состоит из двух пар отклоняющих (дефлекторных) пластин, расположенных вдоль оси трубки после фокусирующих и ускоряющих полей *электронного прожектора*. При подаче на пластины отклоняющих напряжений между каждой парой образуются электростатические поля,

перпендикулярные друг другу и оси трубки. Эти поля отклоняют луч в направлении положительно заряженных пластин. Отклонение на экране или *мишени* пропорционально приложенному к пластинам напряжению. Электростатическая О. с. используется в осциллографических трубках.

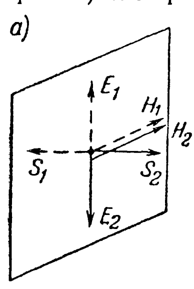
В *кинескопах* для приема телевизионных изображений применяется магнитная О. с., состоящая из двух пар отклоняющих катушек, размещенных снаружи на горловине трубки. При прохождении через катушки отклоняющих *пилообразных токов* в трубке создаются изменяющиеся магнитные поля, перпендикулярные друг другу и оси трубки. Отклонение происходит благодаря действию на движущиеся электроны *силы Лоренца* пропорционально отклоняющему току.

Отражательный клистрон — см. *Клистрон.*

Отражение электромагнитных волн — изменение направления распространения электромагнитной волны на границе двух сред, при котором волна, падающая на границу раздела, частично или полностью возвращается в первую среду. Полное отражение падающей волны происходит на поверхности идеального проводника. В реальных проводниках, обладающих некоторым сопротивлением, часть энергии падающей волны поглощается. Частичное отражение наблюдается на границе двух диэлектриков с различной *скоростью распространения электромагнитных волн*; при этом волна частично проникает в диэлектрик. Иногда на границе двух диэлектриков может происходить полное отражение волн (см. *Полное внутреннее отражение*).

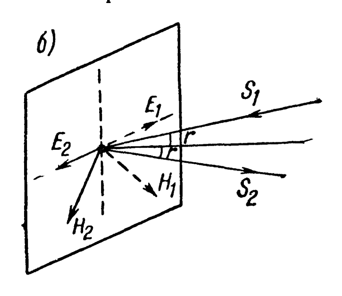
О. э. в. от поверхности хорошего проводника можно рассматривать как отражение от идеального проводника. При падении электромагнитной волны на поверхность идеального проводника поле волны вызывает движение носителей электричества в проводнике (в металлическом проводнике — электронов проводимости), вследствие чего в поверхностном слое проводника возникают электрические токи, частота которых равна частоте падающей волны. Эти токи создают вторичную электромагнитную волну, возникновение которой и объясняет О. э. в.

В случае нормального падения волны на плоскую поверхность проводника (см. рис. *а*) электрические векторы падающей (первичной) и вторичной волн E_1 и E_2 равны по величине, но направлены навстречу друг другу, т. е. сдвинуты по фазе на π. Вследствие этого напряженность результирующего электрического поля на поверхности проводника равна нулю. Магнитные векторы первичной и вторичной волн H_1 и H_2 равны по величине и совпадают по фазе. Поэтому напряженность результирующего магнитного поля на отражающей поверхности равна удвоенной напряженности магнитного поля падающей волны. Так как во вторичной волне по сравнению с падающей волной направление одного вектора (E_2) меняется на обратное, а другого (H_2) — остается неизменным, то направления *векторов Умова — Пойнтинга* первичной и вторичной волн S_1 и S_2 противоположны, т. е. направление распространения вторичной волны обратно направлению первичной — происходит О. э. в.

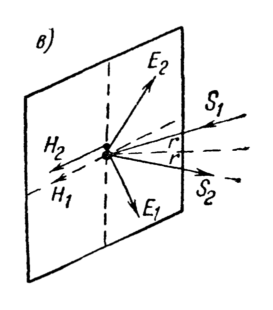


При наклонном падении волны на плоскую поверхность проводника все возможные случаи могут быть сведены к двум: либо вектор E_1 направлен вдоль поверхности,

а вектор H_1 — под некоторым углом к ней (см. рис. *б*), либо вектор H_1 направлен вдоль поверхности, а вектор E_1 — под некоторым углом к ней (см. рис. *в*). В обоих случаях векторы E_2 и H_2 вторичной волны равны по величине век-



торам E_1 и H_1, причем векторы E_1 и E_2 противоположны по фазе, а H_1 и H_2 совпадают по фазе. Напряженность результирующего электрического поля вдоль поверхности проводника в обоих случаях по-прежнему равна нулю. Но в случае, изображенном на рис. *в*,



имеется результирующее электрическое поле, направленное перпендикулярно поверхности, а в случае, изображенном на рис. *б*, оно отсутствует. Изменение направления на обратное у вектора E_2 по сравнению с вектором E_1 и в этом случае приводит к изменению направления векторов Умова — Пойнтинга (S_1 и S_2). Вторичная волна распространяется в обратном направлении под углом отражения r, равным углу падения.

При падении электромагнитной волны на плоскую поверхность диэлектрика картина качественно остается прежней. Падающая волна вызывает движение зарядов, заключенных в диэлектрике, и в нем возникают токи поляризации (см. *Диэлектрическая поляризация*), которые также создают вторичную волну. Однако в этом случае векторы E_2 и H_2 отраженной волны меньше соответствующих векторов E_1 и H_1 падающей волны. Иными получаются и соотношения между фазами векторов этих волн. Вследствие этого отраженная волна по амплитуде меньше падающей, т. е. падающая волна отражается только частично, а частично проникает в диэлектрик. Складываясь с вторичной волной в диэлектрике, она изменяет ее направление распространения, т. е., помимо отражения, происходит и *преломление волн*.

Направление распространения волны, отраженной от плоской границы диэлектрика, определяется прежним законом: угол падения равен углу отражения r. Отражение по этому закону называется зеркальным. Оно происходит только при условии, что граница является достаточно гладкой, т. е. если отклонения ее от плоскости заметно меньше длины волны. Когда неровности границы становятся сравнимыми с длиной волны, отражение получается и в направлениях, несколько отличающихся от направления зеркального отражения. При очень больших неровностях границы (порядка длины волны и больше) отражение возникает во всех направлениях и называется рассеянным или диффузным.

Поскольку характер отражения зависит от соотношения между размерами неровностей и длиной волны, то одна и та же поверхность может давать зеркальное отражение для более длинных волн и рас-

сеянное — для более коротких. Кроме того, чем больше угол падения, тем меньше влияние неровностей (так как играет роль проекция высоты неровности на направление волны). Поэтому отражение данной волны при падении, близком к перпендикулярному, может быть рассеянным, а при очень наклонном (скользящем) падении — зеркальным.

Отрицательная обратная связь — см. *Обратная связь.*

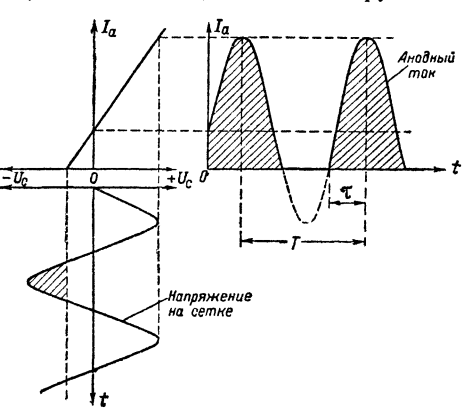
Отрицательное сопротивление — *сопротивление нелинейного проводника*, в котором увеличение напряжения вызывает уменьшение тока, и наоборот, т. е. сопротивление проводника на участке с *падающей характеристикой.*

В нелинейных проводниках сопротивление определяется отношением изменения напряжения к изменению тока. Если увеличение (положительное изменение) напряжения вызывает уменьшение (отрицательное изменение) тока, то отношение этих двух изменений, равное сопротивлению проводника, отрицательно. Поскольку увеличение напряжения вызывает уменьшение тока, и наоборот, то переменное напряжение в проводнике создает переменную составляющую тока, направленную навстречу переменному напряжению. Иначе говоря, произведение переменных составляющих напряжения и тока отрицательно. Это значит, что О. с. не потребляет мощность переменной составляющей тока, а отдает ее во внешнюю цепь.

Однако никакой реальный прибор не может отдавать неограниченной мощности. Следовательно, проводник может обладать О. с. только в некоторых пределах изменения напряжения, что и наблюдается, например, в таких приборах, как электронные лампы. Последние при определенных напряжениях на электродах могут в некоторых участках характеристики представлять собой О. с.

Если к О. с. присоединить колебательный контур, то оно, отдавая энергию контуру, может скомпенсировать потери энергии в нем, и в контуре возникнут незатухающие колебания. Наиболее просто незатухающие колебания возбуждаются с помощью О. с. в *динатронном генераторе.* Обычный ламповый *генератор с обратной связью* также можно рассматривать как устройство, в котором лампа благодаря обратной связи вносит О. с. в колебательный контур. Когда это О. с. по абсолютной величине превосходит активное сопротивление контура, то возникают *автоколебания.*

Отсечка тока — искажение формы синусоидального тока, состоящее в том, что на некоторую часть



периода ток вовсе прекращается. О. т. получается, например, в анодном токе электронной лампы, если при синусоидальном напряжении на сетке лампа в течение части периода оказывается запертой (см. рис.). Величину О. т., играющую важную роль в расчетах ламповых генераторов, усилителей и выпря-

мителей, характеризуют углом отсечки ϑ. Он равен выраженной в градусах половине продолжительности импульса тока τ (период T принимается за 360°), т. е. $\vartheta = \frac{\tau}{T} 360°$

Отсечки область — совокупность рабочих режимов транзистора, отличающаяся наличием *обратного напряжения* одновременно на эмиттерном и на коллекторном $p - n$ переходах. Работа транзистора в О. о. широко используется в переключающих схемах в качестве состояния «выключено», так как в этой области через транзистор проходят минимальные токи, примерно равные обратным токам коллекторного и эмиттерного переходов (у маломощных германиевых транзисторов — единицы микроампер, а у кремниевых — сотые и даже тысячные доли микроампера).

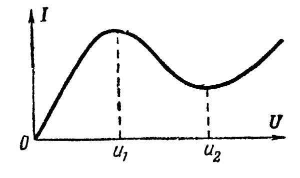
«Охота на лис» — вид радиолюбительских спортивных соревнований, в которых используются элементы радиопеленгации. Это поиск маломощных радиостанций, работающих в диапазоне 2, 10 и 80 *м* и тщательно замаскированных в лесу, в горах или в населенных пунктах. Общая трасса поиска составляет от 4,5 до 9 *км*. Каждая «лиса» (а их бывает от трех до четырех и работают они радиотелефоном) в течение одной-двух минут через равные промежутки времени передает свой позывной, состоящий из слова «лиса» и ее номера («Я лиса первая», «Я лиса вторая» и т. д.).

Переносные приемники «охотников» вместе с источниками питания и антеннами должны быть удобны в переноске и достаточно чувствительны, причем антенны должны обладать узко направленным действием. Старт «охотникам» дается в момент, когда начинает работать первая «лиса». Спортсмены стартуют группами по четыре-шесть человек, иногда по одному или по два, через каждые пять минут. Поиск «лис» проводится в любом порядке. Выигрывает тот, кто первым обнаружит всех «лис». Обычно направление на «лису» определяют по минимальной слышимости сигналов ее передатчика, так как при этом пеленгация облегчается. Минимум слышимости всегда более отчетливо выражен, чем максимум.

«Охота на лис» — сложные и весьма полезные соревнования, требующие от участников выносливости, хорошей физической подготовки, отличного знания топографии, умения быстро читать карту, а также глубоких знаний в области радиотехники, необходимых для создания соответствующей радиоаппаратуры.

П

Падающая характеристика — *вольт-амперная характеристика*, соответствующая случаю, когда ток в проводнике уменьшается при увеличении напряжения на нем, т. е. проводник обладает *отрицательным сопротивлением*. Реальные проводники только в некоторой



ограниченной области могут обладать отрицательным сопротивлением, т. е. могут иметь лишь отдельные падающие участки вольтамперной характеристики (участок от u_1 до u_2 на рис.). Падающий участок имеет, например, характеристика электрической дуги и некоторых газоразрядных приборов. В трехэлектродной лампе падающий участок характеристики может получаться вследствие *вторичной эмиссии*, которая быстро растет с увеличением напряжения на ано-

де, в результате чего суммарный анодный ток уменьшается (см. *Динатронный эффект*).

Падение напряжения — постепенное уменьшение напряжения вдоль проводника, по которому течет ток, обусловленное тем, что проводник обладает активным сопротивлением. По закону Ома, на участке проводника с активным сопротивлением R ток I создает П. н.: $U = RI$. Помимо обусловленного активным сопротивлением падения напряжения вдоль проводника, как П. н. можно рассматривать также ту разность потенциалов, которая возникает между обкладками заряженного конденсатора.

Иногда также взятую с обратным знаком э. д. с. самоиндукции называют П. н. на индуктивности. Это хотя, строго говоря, и неверно, но не приводит к ошибкам в результатах, так как неправильно применяется только название П. н. В количественных же соотношениях, выражаемых вторым законом Кирхгофа, никакой ошибки не возникает, так как в этом законе э. д. с. и П. н. должны фигурировать в разных частях уравнения, выражающего закон Кирхгофа.

Пальчиковые лампы — миниатюрные стеклянные лампы без обычного цоколя; их баллон имеет внизу плоское дно, через которое пропущены короткие выводные штырьки. Малая индуктивность выводов, небольшие междуэлектродные емкости делают П. л. пригодными для работы на сверхвысоких частотах — до 300 *Мгц* и выше. П. л. выпускаются с катодами прямого и косвенного накала. Применение П. л. в гетеродинах обеспечивает бóльшую стабильность их частоты благодаря отсутствию пластмассового цоколя, имеющего значительный *температурный коэффициент емкости*. Большая экономичность П. л. с катодом прямого накала способствовала массовому выпуску дешевых и экономичных радиоприемников с батарейным питанием. В настоящее время все приемники и телевизоры, предназначенные для питания от сети переменного тока, как правило, также работают на пальчиковых лампах с катодом косвенного накала.

Память — термин общего характера, применяемый для обозначения любого *запоминающего устройства* цифровой вычислительной машины или, в собирательном смысле, совокупность всех запоминающих устройств данной машины. Во многих случаях этот термин неточно используется вместо термина «запоминающее устройство» (или «запоминающие устройства»).

Пандемониум — в дословном переводе «жилище демонов» — название одного из первых *перцептронов*, который был выполнен как обучающаяся *узнающая машина*, относящая входные воздействия к тому или иному классу по принципу «голосования» классифицирующих блоков «за» и «против». Обобщающий блок — устройство более высокого уровня — «принимает решение» по результатам «голосования» на предыдущем уровне. Ясно, что «голоса» оцениваются формально путем введения некоторой специальной весовой функции, а собственно «голоса» представляют собой электрические сигналы.

Панорамный приемник — приемник, дающий возможность оператору «видеть» панораму интересующего его диапазона. Для этого ручка настройки непрерывно вращается электродвигателем, благодаря чему весь нужный диапазон проходится несколько раз в секунду.

Папалекси Николай Дмитриевич (1880—1947) — выдающийся советский физик, академик. Свыше 40 лет работал над важнейшими проблемами радиофизики и радиотехники.

Большой заслугой П. является изготовление в 1914 г. ионных,

а затем вакуумных электронных ламп, ранее не выпускавшихся в России. С их помощью П. в конце 1914 г. впервые в России осуществил радиотелефонию. Примерно в то же время П. разработал первые русские радиопеленгаторы. Его работы по пьезокварцевой стабилизации, селективному приему, автопараметрическому и параметрическому возбуждению колебаний и, наконец, измерению расстояний с помощью радиоволн нашли широкое практическое применение.

В 1936 г. П. совместно с акад. Л. И. Мандельштамом был награжден Менделеевской премией за труды в области нелинейных колебаний и распространения радиоволн. За разработку радиоинтерференционных методов измерения расстояний он и Л. И. Мандельштам были удостоены Государственной премии.

Пара Гото — то же, что *схема Гото.*

Параболический отражатель — металлическая поверхность (сплошная или с отверстиями малого размера по сравнению с длиной отражаемой волны), имеющая форму параболоида вращения (т. е. образованная вращением параболы вокруг своей оси). П. о. применяется в антеннах для миллиметровых, сантиметровых, дециметровых, а иногда и метровых волн. Для передачи П. о. собирает в более или менее узкий, но всегда расходящийся пучок радиоволны, падающие на него от излучателя (диполя, рупора и т. п.), помещенного в фокусе параболоида. При приеме П. о. преобразует приходящие *плоские волны* в *сферическую волну*, сходящуюся в фокусе параболоида, где помещается приемная антенна (диполь, рупор и т. п.). *Угол раствора диаграммы направленности* тем меньше, чем больше диаметр П. о. по сравнению с длиной волны. Поэтому на дециметровых и, особенно, на сантиметровых волнах с помощью П. о. можно получить достаточно узкие диаграммы направленности.

Паразитная генерация — возникновение электрических колебаний в схемах, которые при нормальной работе не должны создавать таких колебаний. В ламповых схемах П. г. обусловлена наличием паразитных *обратных связей.* Чаще всего П. г. возникает в усилителях высокой и промежуточной частоты вследствие емкостных или индуктивных паразитных связей между анодной и сеточной цепями, в частности связи через междуэлектродную емкость сетка — анод лампы. Для устранения этих причин П. г. применяется тщательная экранировка цепей и электронные лампы с малой емкостью сетка — анод, т. е. *тетроды* или *пентоды.*

П. г. иногда наступает и в многокаскадных усилителях низкой частоты, главным образом из-за наличия положительных обратных связей через внутренние сопротивления источников питания. Для устранения П. г. этого типа источники питания шунтируются большими емкостями, а в цепи питания включаются *развязывающие фильтры.* Во всех случаях П. г. возникает тем легче, чем больше общее усиление, которое дает усилитель на данной частоте. Опасность возникновения П. г. является одной из главных трудностей при построении многокаскадных усилителей.

Паразитная емкость — *взаимная емкость* между проводниками, расположенными неподалеку друг от друга, например междувитковая или междуэлектродная емкость. П. е. увеличивает *входную емкость* приборов и создает паразитные *емкостные связи.* Влияние П. е. тем больше, чем выше частота.

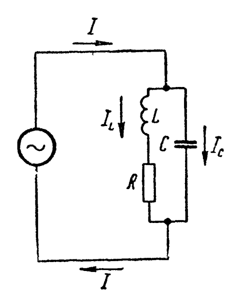
Паразитная индуктивность — *распределенная индуктивность*, которой обладают соединительные провода: выводы электродов у ламп, обкладки конденсаторов и т. д. П. и. играет вредную роль в работе многих схем. Влияние ее

тем более заметно, чем выше частота.

Паразитные колебания — см. *Паразитная генерация.*

Паразитные связи — связи между электрическими цепями, обусловленные наличием у этих цепей паразитной *взаимной емкости* или паразитной *взаимной индуктивности.* П. с. особенно опасны в усилителях, так как они могут привести к возникновению *паразитных колебаний.* П. с. могут образовываться также между цепями разных каскадов усилителя вследствие того, что общий для этих цепей источник анодного напряжения обладает внутренним активным сопротивлением. Эти П. с. также приводят к возникновению паразитных колебаний.

Параллельный резонанс — резкое уменьшение тока I, питающего параллельный колебательный контур (см. рис.), которое наступает



при совпадении частоты внешней э. д. с. с частотой собственных колебаний контура. Объясняется это тем, что при П. р. *полное сопротивление* параллельного контура достигает максимального значения.

Полное сопротивление z, включенных параллельно емкости и индуктивности с активным сопротивлением, в случае, если активное сопротивление R мало по сравнению с индуктивным ωL, т. е. если *затухание контура* мало, приближенно выражается так:

$$z = \frac{x_L x_C}{\sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}},$$

где $x_C = 1/\omega C$ и $x_L = \omega L$ — *емкостное* и *индуктивное сопротивления.* Вдали от резонанса, когда x_C и x_L весьма различны, разность $x_L - x_C$ велика и z мало. При резонансе $x_C = x_L$ и полное сопротивление контура принимает наибольшее значение:

$$z_r = \frac{x_L x_C}{R} = \frac{L}{CR}.$$

Чем меньше активное сопротивление контура R, тем больше резонансное сопротивление z_r и тем меньше ток в питающей цепи. Рассмотренный случай называется П. р. или резонансом токов в отличие от последовательного резонанса или резонанса напряжений (см. *Резонанс*), при котором источник э. д. с. включен в контур последовательно и z_r контура принимает минимальное значение. При резонансе напряжений ток в контуре и вместе с ним напряжения на конденсаторе и катушке достигают максимума. Эти напряжения при малом R во много раз превышают введенную э. д. с. (отсюда и произошло название «резонанс напряжений»).

В случае П. р. в ветвях контура протекают токи I_L и I_C, которые при малом R во много раз больше, чем ток I в питающей цепи (отсюда и произошло название «резонанс токов»). Токи I_L и I_C в ветвях контура почти равны и почти противоположны по фазе, поэтому ток I в общей цепи приблизительно равен разности токов I_L и I_C. Поскольку ток в цепи источника э. д. с. при последовательном резонансе достигает максимума, а при П. р., наоборот, достигает минимума, П. р. называют также анти-

резонансом или противорезонансом.

Выше рассмотрен П. р. для случая, когда внутреннее сопротивление источника э. д. с. мало по сравнению с z_r. Если же внутреннее сопротивление источника одного порядка с z_r или больше его, то все явление выглядит иначе. Ток в общей цепи при изменении частоты э. д. с. изменяется незначительно, так как он определяется, главным образом, большим внутренним сопротивлением источника. Вне резонанса, когда полное сопротивление контура мало, падение напряжения внутри источника велико (он почти замкнут накоротко) и напряжение на колебательном контуре мало. А при резонансе сопротивление контура сильно увеличивается и напряжение на контуре резко возрастает. В таком виде П. р. применяется, например, в *резонансных усилителях*, где электронная лампа с большим внутренним сопротивлением является источником э. д. с. для включенного в ее анодную цепь параллельного колебательного контура.

Парамагнитные тела — см. *Магнитная поляризация.*

Парамагнитный усилитель — разновидность *квантового усилителя* на твердом теле, в котором рабочим веществом служат парамагнитные кристаллические материалы (см. *Магнитная поляризация*).

Параметр — величина, характеризующая те или иные свойства системы. Например, емкость, индуктивность и активное сопротивление являются П. колебательного контура. Свойства электрических систем часто характеризуются при помощи «неэлектрических» П. Так, например, длина электрической линии является одним из П., определяющих электрические свойства линии, шаг намотки катушки индуктивности есть П., определяющий электрические свойства катушки, и т. д.

Параметрическая стабилизация частоты — уменьшение *нестабильности частоты* лампового генератора путем введения в схему дополнительных элементов, параметры которых подобраны так, что они уменьшают влияние режима питания и теплового режима генератора на частоту создаваемых колебаний. Для П. с. ч. применяются большие активные сопротивления в цепи анода и в цепи сетки, конденсаторы и катушки, обладающие соответственно подобранными *температурными коэффициентом емкости* и *температурным коэффициентом индуктивности*, и т. д.

Параметрический генератор — см. *Параметрическое возбуждение колебаний.*

Параметрический диод — разновидность *варикапа*, применяемого в схемах *параметрических усилителей* или преобразователей. Обычно П. д. имеет малую емкость (от десятых долей до единиц пикофарад) и используется, главным образом, в сверхвысокочастотной технике.

Параметрический резонанс — см. *Параметрическое возбуждение колебаний.*

Параметрический усилитель — усилитель, в котором для усиления принимаемых колебаний применяется явление *параметрического возбуждения колебаний*, т. е. энергия принимаемых колебаний увеличивается за счет работы, совершаемой силами, вызывающими периодическое изменение величины одного из колебательных параметров приемного контура (емкости или индуктивности).

Свойства П. у. (которые будут описаны ниже) таковы, что они оказались наиболее пригодными для сверхвысоких частот (в основном короткие дециметровые и сантиметровые волны). Так как частота изменения параметра (в простейшем случае) должна быть вдвое больше частоты усиливаемого сигнала, то для осуществления П. у.

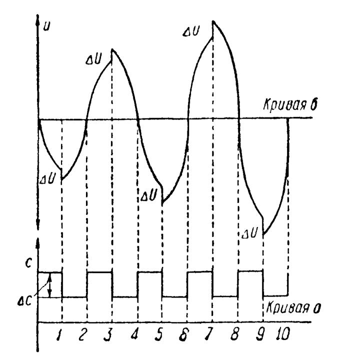
необходимы конденсаторы (или катушки индуктивности), емкость или индуктивность которых можно было бы изменять с частотой в сотни и тысячи мегагерц. Для этой цели применяются, главным образом, *параметрические диоды*, емкость которых изменяется под действием высокочастотного напряжения, создаваемого специальным «генератором накачки». В качестве приемных контуров в П. у. используются *объемные резонаторы*, внутри которых расположены параметрические диоды; в генераторах накачки обычно применяются *клистроны*. П. у., работающий по простейшей схеме параметрического усиления колебаний, обладает тем существенным недостатком, что между фазами принимаемых колебаний и колебаний накачки не может быть обеспечено то соотношение, которое необходимо для создания наиболее благоприятных условий накачки. Изменение же этих соотношений приводит к тому, что усиление, даваемое таким П. у., изменяется очень быстро и в широких пределах. От этого недостатка свободны «двухконтурные» П. у. Помимо приемного «контура» (их роль играют объемные резонаторы), в П. у. вводится второй, балластный «контур». В оба контура подается напряжение накачки от одного и того же генератора накачки. В результате параметрического возбуждения колебаний в балластном контуре возникают колебания, фаза которых жестко связана с фазой колебаний, создаваемых генератором накачки. Фаза усиленных колебаний в приемном контуре зависит как от фазы принимаемых колебаний, так и от фазы колебаний накачки. Складывая или вычитая колебания в приемном и балластном контурах, можно получить результирующее колебание, в которое фаза колебаний накачки вообще не входит.

Одно из основных достоинств П. у. — малый *шумфактор*. Уровень шумов в П. у. низок потому, что поглощение радиоволн в трактах П. у. мало и в соответствии с принципом Кирхгофа мало и собственное *тепловое радиоизлучение* П. у. Поэтому температура шумов (см. *Шумовая температура*), приведенная к входу П. у., может быть значительно ниже температуры окружающей среды. Понижение температуры П. у. (например, жидким азотом) еще больше снижает температуру шумов П. у. Из всех усилителей для коротких дециметровых и сантиметровых волн только *квантово-механические усилители* имеют более низкую температуру шумов, чем П. у. Но последние обладают тем преимуществом перед первыми, что полоса пропускания их может быть значительно более широкой. Широкополосность П. у. является их важным преимуществом в тех случаях, когда усилитель предназначен для приема радиоизлучения, имеющего *сплошной спектр*, например для приема *космического радиоизлучения*. Преимущество это состоит в том, что чувствительность приемника (предназначенного для приема сплошного спектра) с ростом полосы пропускания приемника $\Delta\nu$ возрастает (как $\sqrt{\Delta\nu}$).

Параметрическое возбуждение колебаний — возникновение колебаний в колебательной системе в результате периодического изменения величины какого-либо из колебательных параметров этой системы. П. в. к. наступает только при определенных соотношениях между угловой частотой ω изменения параметра и угловой частотой ω_0 собственных колебаний системы. Наиболее благоприятным для П. в. к. является случай, когда частота ω приблизительно вдвое больше частоты ω_0. При этом частота возникающих колебаний $\omega_1 = \omega/2$, т. е. близка к ω_0 (П. в. к. может наблюдаться и при некоторых других, близких к простым кратным, соотношениях между ω и ω_0).

«Механизм» П. в. к. может быть выяснен в результате рассмотрения явлений, протекающих в колебательном контуре (содержащем емкость C, индуктивность L и небольшое активное сопротивление R), в котором происходит периодическое изменение величины емкости C. Пусть емкость C увеличивается скачком на величину ΔC дважды за период T_0 собственных колебаний контура и дважды за период уменьшается на ту же величину (изменения емкости происходят через равные промежутки времени $T_0/4$). Для упрощения положим пока, что в колебательном контуре уже существуют слабые собственные колебания с периодом T_0. Если бы изменения величины емкости не происходили, то эти собственные колебания медленно затухали бы вследствие рассеяния энергии в малом сопротивлении R. Но если периодически происходит уменьшение емкости конденсатора C на величину ΔC, в те моменты, когда напряжение на конденсаторе (обусловленное происходящими в контуре собственными колебаниями) достигает наибольших значений, и на ту же величину ΔC — увеличение емкости в те моменты, когда напряжение на конденсаторе равно нулю, то при достаточно большом ΔC собственные колебания в контуре будут не затухающими, а нарастающими.

Действительно, когда емкость конденсатора мгновенно уменьшается, то напряжение на нем возрастает, так как заряды не могут мгновенно уйти с его обкладок, а при неизменном заряде конденсатора напряжение на обкладках растет с уменьшением емкости. Поэтому в момент *1*, *3*, *5* и т. д., когда емкость C мгновенно уменьшается на ΔC (см. рис. кривую *а*), напряжение на обкладках мгновенно возрастает на величину ΔU (см. кривую *б*) тем бо́льшую, чем больше в этот момент напряжение U на конденсаторе. В моменты же 2, 4, 6 и т. д., когда емкость конденсатора мгновенно увеличивается на ΔC, напряжение на конденсаторе остается равным нулю (поскольку напряжение в этот момент равно нулю, значит и заряд на обкладках равен нулю, но он не может измениться мгновенно). Таким образом, через промежутки времени $T_0/2$, т. е. в точках *1*, *3*, *5*, каждый раз



происходит увеличение амплитуды собственных колебаний на ΔU. Если за тот же промежуток времени $T_0/2$ снижение амплитуды собственных колебаний, обусловленное их затуханием (вследствие рассеяния энергии в активном сопротивлении R), будет меньше ΔU, то собственные колебания в контуре будут не затухать, а нарастать.

Легко пояснить происхождение этого нарастания колебаний и с энергетической точки зрения. Положим, что увеличение и уменьшение емкости конденсатора производятся простейшим способом — соответственно сближением или отдалением обкладок конденсатора. Когда конденсатор заряжен, то между его обкладками действуют силы притяжения (так как заряды на обкладках разных знаков) и при раздвигании обкладок внешняя сила, отделяющая одну обкладку от другой, должна совершать работу против сил взаимодействия зарядов; эта работа увеличивает энер-

гию конденсатора, т. е. в конечном счете идет на увеличение энергии колебаний в контуре. Сближение обкладок происходит, когда заряды на них отсутствуют, следовательно, оно не связано с совершением работы против сил взаимодействия зарядов и поэтому не сопровождается изменением энергии колебаний.

Таким образом, дважды за период T_0 собственных колебаний контура энергия их возрастает, причем прирост энергии тем больше, чем больше относительное изменение емкости $\Delta C/C$, т. е. чем ближе к единице величина $\Delta C/C$. С другой стороны, в сопротивлении R энергия собственных колебаний частично рассеивается. Но если энергия, «накачиваемая» в контуре за период (в результате изменения емкости конденсатора), оказывается больше поглощаемой за период активным сопротивлением R, то энергия колебаний все время увеличивается, т. е. амплитуда колебаний возрастает; для этого необходимо только, чтобы накачиваемая в контур энергия была достаточно велика, т. е. чтобы значение $\Delta C/C$ было достаточно велико и сила, которая отдаляет одну обкладку от другой, могла развивать требуемую мощность. (Последнее условие делает невозможным беспредельное нарастание колебаний, так как тогда беспредельно росла бы мощность, необходимая для отдаления одной обкладки конденсатора от другой; кроме того, есть еще ряд обстоятельств, ограничивающих нарастание колебаний).

После рассмотрения картины П. в. к. нетрудно убедиться, что предположение о существовании в контуре слабых собственных колебаний с частотой ω_0 (вдвое меньшей, чем частота ω изменения емкости C), которое было сделано выше, не является необходимым. Во всяком колебательном контуре неизбежны *электрические флуктуации*, в сплошном спектре которых сильнее всего представлены гармонические колебания с частотами, близкими к собственной частоте контура ω_0, и всевозможными фазами. То из этих колебаний, которое по частоте ближе всего к ω_0, и имеет нужную фазу (при которой напряжение на конденсаторе достигает максимума, когда емкость его скачком уменьшается), будет нарастать быстрее всех других колебаний спектра флуктуаций, так как условия «накачки» энергии за счет изменения емкости конденсатора для этого колебания наиболее благоприятны. Внешнее параметрическое воздействие (в рассматриваемом конкретном случае оно выражается в периодическом изменении емкости конденсатора) «само выбирает» то из колебаний, содержащихся в спектре флуктуаций, которое быстрее всего нарастает, так что амплитуда его в конце концов во много раз превосходит амплитуды всех других колебаний этого спектра.

Подчеркнем, что каждое данное параметрическое воздействие может «выбрать» из спектра флуктуаций не одно, а два гармонических колебания, которые оно может «раскачать». Если какое-либо колебание данной частоты и данной фазы удовлетворяет наиболее благоприятным условиям накачки, то и колебание той же частоты, но противоположной фазы, удовлетворяет тем же условиям; при сдвиге фазы собственных колебаний на 180°, как видно из сопоставления кривых *а* и *б*, условия накачки не изменяются. Следовательно, соотношение между фазой внешнего воздействия и фазой колебаний, возникающих при параметрическом возбуждении, не задано однозначно: возможно возникновение одного из двух колебаний с одной и той же частотой колебаний и фазами, различающимися на π.

Параметрон — логический *мажоритарный элемент*, в котором состояния «1» и «0» изображаются

двумя противоположными фазами электрических колебаний. П. широко используется в автоматике и вычислительной технике. П. представляет собой резонансный контур, имеющий собственную частоту f, в котором либо индуктивность, либо емкость может периодически меняться за счет воздействия колебаний с частотой $2f$, получаемых от внешнего источника, называемого источником накачки. Как показывает теория, при этом в контуре могут возникать параметрические колебания, фаза которых зависит от параметров контура (L и C) и от начальных условий. Для технических применений параметры контура выбираются так, чтобы в нем могли возникать только два устойчивых состояния, хотя возможны режимы колебаний с тремя устойчивыми состояниями (наличие колебаний с фазой π или 2π и отсутствие колебаний). Наибольшее применение нашли индуктивные параметроны, в которых в качестве нелинейного элемента используется магнитный сердечник. В емкостных параметронах в качестве нелинейного элемента используют междуэлектродную емкость полупроводниковых диодов.

Параметры радиоприемника — величины, определяемые по принятой единой методике и характеризующие основные его качества, например: *выходная мощность*, *чувствительность*, *избирательность*, избирательность по зеркальному каналу (см. *Зеркальная частота*) и т. д.

Параметры транзистора — величины, характеризующие свойства транзистора как элемента электрической цепи (электрические П. т.), конструктивные или эксплуатационные свойства (механические, климатические и другие П. т.). Наиболее специфическими являются электрические П. т. Среди них различают следующие группы параметров.

П. т. в цепях постоянного тока — величины постоянных токов в цепях электродов транзистора или постоянные напряжения между определенными выводами транзистора при особо оговариваемых условиях. К таким П. т. относятся: значения обратных токов коллектора $I_{\text{к0}}$ (при отключенном эмиттере) и эмиттера $I_{\text{э0}}$ (при отключенном коллекторе); статический коэффициент усиления по току B — отношение постоянного тока в цепи коллектора к постоянному току в цепи базы; напряжение коллектора при насыщении $U_{\text{к.нас}}$ — напряжение между коллектором и эмиттером при условии, что рабочая точка транзистора находится в области насыщения, и др.

П. т. в режиме малого сигнала, описывающие поведение транзистора при малых изменениях токов или напряжений в цепях его электродов (см. *Малосигнальные параметры транзистора*). Эти параметры, в свою очередь, делятся на две подгруппы: параметры эквивалентного четырехполюсника и параметры эквивалентных схем транзистора. Параметры эквивалентного четырехполюсника представляются в виде нескольких в принципе равноценных систем, из которых наиболее распространены системы z-параметров, имеющих размерность сопротивлений, y-параметров, имеющих размерность проводимостей, и h-параметров (гибридных), имеющих различные размерности. Каждая из этих систем включает в себя по четыре параметра, один из которых описывает величину входного сопротивления (z_{11}, y_{11}, h_{11}), второй — внутреннюю обратную связь (z_{12}, y_{12}, h_{12}), третий — усиление (z_{21}, y_{21}, h_{21}), а четвертый — выходное сопротивление (z_{22}, y_{22}, h_{22}) в некоторых идеализированных условиях: при коротком замыкании или холостом ходе для переменных токов со стороны входных или выходных электродов транзистора. В общем случае

значения этих параметров зависят от схемы включения транзистора, от его рабочей точки, частоты сигнала и от температуры и выражаются комплексными числами. Однако при достаточно низких частотах параметры эквивалентного четырехполюсника перестают зависеть от частоты и становятся вещественными величинами; тогда их называют низкочастотными параметрами и вместо букв z и y часто обозначают буквами r и g с соответствующими индексами (r_{11}, g_{11} и т. д.).

Параметры эквивалентных схем транзистора представляют собой значения элементов этих схем и в зависимости от типа схемы могут описывать свойства транзистора как в области низких частот, так и в области высоких частот (см. *Эквивалентные схемы транзисторов*).

Частотные П. т. представляют собой значения частот, при которых определенные малосигнальные параметры приобретают особые значения. К таким П. т. относятся, например, граничные частоты коэффициентов усиления по току (см. *Граничная частота*), *максимальная частота генерирования.*

П. т. в режиме больших сигналов по названиям часто совпадают с соответствующими малосигнальными параметрами (входное сопротивление, коэффициент усиления по току и т. п.), однако при больших изменениях токов и напряжений проявляется нелинейность характеристик транзисторов, и значения этих параметров, усредненные на протяжении рабочего участка характеристики, начинают существенно отличаться от малосигнальных параметров. К П. т. в режиме больших сигналов относят и некоторое П. т. в режиме переключателя (см., например. *Время рассасывания*).

Импульсные П. т. характеризуют переходные процессы в транзисторе при работе в импульсном режиме. В зависимости от величины импульсных изменений токов и напряжений эти параметры также могут быть малосигнальными или описывать работу транзистора при больших импульсных сигналах, вплоть до режима переключателя. Импульсными П. т. являются времена нарастания и спада выходного импульса при усилении прямоугольного импульса, а также некоторые из перечисленных выше П. т., позволяющих производить расчеты тех или иных импульсных схем (например, напряжение коллектора при насыщении, время рассасывания и др.). Электрические П. т. используются для расчета схем с транзисторами.

Из эксплуатационных П. т. очень важны параметры, ограничивающие рабочие значения мощностей, напряжений, токов и температур,— так называемые предельно-допустимые режимы применения транзисторов, превышение которых может привести к порче транзистора.

Физические П. т. описывают электрофизические свойства материалов, из которых выполнен транзистор, геометрические размеры и физические режимы работы действующих областей полупроводниковой структуры. К этим П. т. относятся ширина области базы w, *коэффициент переноса*, *эффективность эмиттера*, удельные сопротивления областей базы, эмиттера и коллектора, *эффективное время жизни* неосновных носителей в области базы и др. Знание физических П. т. важно при изучении принципов действия транзисторов, при расчете параметров эквивалентных схем, а также при контроле производства транзисторов.

Параметры электронной лампы — величины, характеризующие свойства электронной лампы. Главными П. э. л. являются *крутизна характеристики* S, *коэффициент усиления* μ (или проницаемость $D = 1/\mu$) и *внутреннее сопротивление* R_i.

В трехэлектродной лампе между тремя указанными основными параметрами существует простое соотношение

$$\frac{SR_i}{\mu} = 1 \text{ или } DR_iS = 1.$$

Помимо этих основных параметров, свойства лампы характеризуются еще рядом других величин. П. э. л. позволяют судить, для какой цели данная лампа пригодна и как ее наилучшим образом применить.

Пассивная радиолокация — обнаружение объектов благодаря приему излучаемых ими и отраженных от них радиоволн, попадающих на них от других объектов или из мирового пространства, на сверхвысокочастотном диапазоне. Так как при этом станция обнаружения (в отличие от обычной радиолокации) не имеет своего передатчика, а ведет только прием, обеспечивается скрытность ее работы. Однако весьма низкий уровень напряженности полей сигналов и их шумовой характер, затрудняющие различимость их на фоне собственных *шумов приемника*, делают обнаружение целей при помощи П. р. весьма трудным.

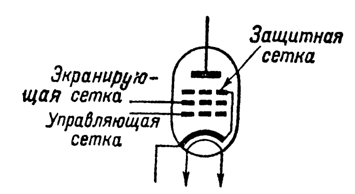
Пассивные помехи (радиолокационной станции) — помехи, создаваемые отражением радиоволн *радиолокационной станции* от различных объектов. Естественные П. п. могут возникать вследствие отражения радиоволн от местных предметов — окружающих станцию высоких зданий, труб, деревьев, а также от туч и облаков, завесы дождя и т. п. Искусственные П. п. специально создаются противником. Например, во время второй мировой войны широко применялись искусственные П. п., создаваемые вследствие отражения радиоволны от металлизированных лент, сбрасываемых с самолетов. Длина таких лент подбиралась равной половине длины волны радиолокационной станции, благодаря чему они уподоблялись *полуволновым вибраторам*, что делало отражение от них весьма интенсивным, и отметки от этих отраженных сигналов маскировали отметку сигнала, отраженного от самого самолета.

Пассивный диполь — отрезок провода или металлический стержень, длина которого обычно близка к половине длины применяемой волны. В отличие от *активного диполя*, в середину которого включается передатчик или приемник, у П. д. обе половины замкнуты накоротко. Токи, возникающие в П. д. под действием внешнего электромагнитного поля, создают свое электромагнитное поле, которое накладывается на внешнее поле и изменяет его конфигурацию. Тем самым П. д., расположенные около активного диполя, изменяют его *диаграмму направленности*. П. д. применяются в качестве *рефлекторов* и *директоров*.

Паули принцип — одно из фундаментальных положений квантовой механики, согласно которому в одном и том же энергетическом состоянии не может находиться более одного электрона. Иначе П. п. называется правилом запрета.

Пентагрид — то же, что *гептод*.

Пентод — лампа, имеющая пять электродов — катод, анод и три сетки (см. рис.). Первая сетка (от

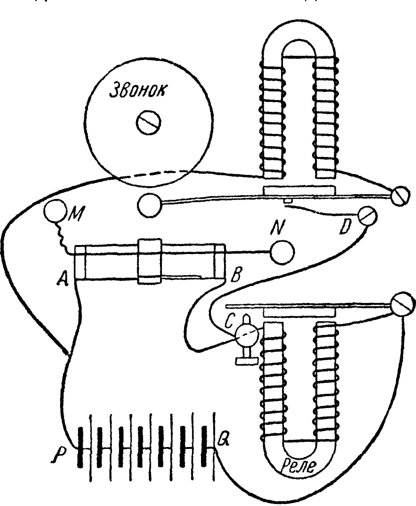


катода) — управляющая, как и в обычном триоде, вторая экранная сетка выполняет ту же роль, что и в *тетроде*, и, наконец, третья сетка — защитная (иначе пентодная или противодинатронная), обычно соединяется накоротко с катодом лампы (см. рис.).

Роль защитной сетки в П. состоит в устранении вредного влияния *вторичной эмиссии* со стороны анода. Если происходят сильные изменения анодного тока, то из-за падения напряжения на анодном нагрузочном сопротивлении напряжение на аноде лампы изменяется в широких пределах. В некоторые моменты оно может оказаться меньше, чем напряжение на экранной сетке, которое хотя и выбирается меньшим, чем постоянное анодное напряжение, но зато все время остается неизменным. Вследствие этого вторичные электроны, выбиваемые из анода, притягиваются к экранной сетке и возникает *динатронный эффект*. Он нарушает нормальную работу лампы и препятствует получению больших усиленных напряжений с помощью тетрода. Чтобы устранить этот недостаток тетродов, в пентоде применяется защитная сетка. Так как она соединена накоротко с катодом, а анод по отношению к катоду всегда находится под положительным напряжением, то поле в пространстве между защитной сеткой и анодом возвращает вторичные электроны на анод. П. применяются для усиления колебаний как низкой, так и высокой частоты, а также в качестве генераторных ламп.

Первенство СССР по радиосвязи на коротких волнах — одно из важнейших соревнований советских коротковолновиков. Проводится в три тура. К участию в первенстве допускаются лишь перворазрядники и мастера спорта. Каждый радиоспортсмен должен принять участие не менее чем в трех отборочных соревнованиях и выполнить в одном из них любой норматив первого разряда по радиосвязи на коротких волнах. Кроме отдельных радиолюбителей, в первенстве принимают участие команды коллективных радиостанций. В программу первенства входят: установление радиосвязей с наибольшим количеством различных любительских радиостанций СССР за 12 *ч* непрерывной работы; установление наибольшего количества радиосвязей на 1 *ч* работы; установление радиосвязей с представителями наибольшего числа областей, краев и АССР за 12 *ч* непрерывной работы; установление радиосвязей с представителями всех Союзных республик в кратчайшее время. Победителю первенства присуждается звание *чемпиона СССР по радиоспорту* с указанием года, в котором проходили соревнования.

Первый радиоприемник — изготовлен в апреле 1895 г. А. С. Поповым и демонстрировался им на заседании Физического отделения



Русского физико-химического общества 7 мая 1895 г. В своей статье, написанной в декабре 1895 г. и опубликованной в 1896 г. в «Журнале Русского физико-химического общества», А. С. Попов дал схему и описание первого радиоприемника (см. рис.).

«Прилагаемая схема, — писал А. С. Попов, — показывает расположение частей прибора. Трубка с опилками подвешена горизон-

тально между зажимами M и N на легкой часовой пружине, которая для большей эластичности согнута со стороны одного зажима зигзагом. Над трубкой расположен звонок так, чтобы при своем действии он мог давать легкие удары молоточком посредине трубки, защищенной от разбивания резиновым кольцом. Удобнее всего трубку и звонок укрепить на общей вертикальной дощечке. Реле может быть помещено как угодно.

Действует прибор следующим образом. Ток батареи в 4—5 *в* постоянно циркулирует от зажима P к платиновой пластинке A, далее через порошок, содержащийся в трубке, к другой пластинке B и по обмотке электромагнита реле — обратно к батарее. Сила этого тока недостаточна для притягивания якоря реле, но если трубка AB подвергнется действию электрического колебания, то сопротивление мгновенно уменьшится и ток увеличится настолько, что якорь реле притянется. В этот момент цепь, идущая от батареи к звонку, прерванная в точке C, замкнется, и звонок начнет действовать, но тотчас же сотрясения трубки опять уменьшат ее проводимость и реле разомкнет цепь звонка». (Из статьи А. С. Попова «Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний».) П. р. хранится в Центральном музее связи имени А. С. Попова в Ленинграде.

Переадресация — изменение *адресов* в зависимости от значения некоторых признаков. Один или несколько разрядов в коде *команды* содержат информацию о необходимости переадресации. Само изменение адресов обычно осуществляется путем прибавления к адресу определенных констант, которые могут размещаться либо в *индексных регистрах*, либо в фиксированных *ячейках памяти*.

Передаточная функция — одна из основных характеристик линейных динамических систем. П. ф. является отношением операторных величин выходного отклонения системы к входному в форме Лапласа при нулевых начальных условиях. Если движение системы можно описать линейным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами

$$\sum_{i=0}^{n} a_i \frac{d^i x}{dt^i} = \sum_{i=0}^{m} b_i \frac{d^i y}{dt^i},$$

где $x(t)$ и $y(t)$ — выходное и входное отклонения, то П. ф.

$$k(p) = \frac{x(p)}{y(p)} = \frac{\sum_{i=0}^{m} b_i p^i}{\sum_{i=0}^{n} a_i p^i}$$

$$\left(p \equiv \frac{d}{dt}\right).$$

При помощи П. ф. легко найти, например, реакцию системы на входные гармонические сигналы. Для этого следует заменить p на $j\omega$:

$$k(j\omega) = \frac{x(j\omega)}{y(j\omega)} = \frac{\sum_{i=0}^{m} b_i (j\omega)^i}{\sum_{i=0}^{n} a_i (j\omega)^i}.$$

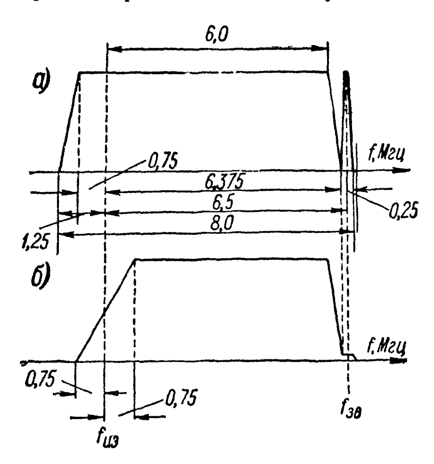
Посредством П. ф. можно найти реакцию линейной динамической системы на любые входные возмущения.

У линейных систем П. ф. обладает следующими основными свойствами: 1) показатель степени числителя m всегда меньше или равен показателю степени знаменателя n; 2) при $\omega \to \infty$ функция $|k(j\omega)| < \infty$; 3) при $\omega = 0$ П. ф. характеризует систему в момент включения входного сигнала; 4) при $\omega = \infty$ П. ф. характеризует установившийся режим системы.

Передача без несущей частоты — радиопередача, при которой из *модулированных колебаний* устра-

няются колебания несущей частоты, что достигается обычно применением *балансной модуляции*. При приеме колебания несущей частоты восстанавливаются, для чего в приемнике имеется специальный гетеродин. Отклонение частоты этого гетеродина от несущей частоты принимаемой станции вызывает искажения приема. Поэтому применяют специальную *стабилизацию частоты* гетеродина или *автоматическую синхронизацию*. Для осуществления последней колебания несущей частоты в передатчике не устраняются полностью, а лишь значительно ослабляются. Основное преимущество П. б. н. ч. — более эффективное, чем при обычной передаче, использование мощности передатчика.

Передача с подавлением части боковой полосы частот — асимметричное расположение несущей в



а — частотная характеристики излучения канала ТВ вещания; *б* — частотная характеристика ТВ приемника; $f_{из}$ — несущая частота изображения; $f_{зв}$ — несущая частота звукового сопровождения.

полосе частот, отводимой на канал телевизионного вещания (см. рис а) Такое расположение несущей позволяет увеличить количество телевизионных каналов в отведенных диапазонах ультракоротких и дециметровых волн. С целью равномерного пропускания спектра частот *видеосигнала* частотная характеристика приемника ослабляет частоты в районе несущей (см. рис. *б*). Небольшая паразитная частотная модуляция при П. с п. ч. б. п. ч. мало сказывается на четкости изображения.

Передающая антенна — *антенна*, предназначенная для излучения *радиоволн*. В силу *принципа взаимности* работа П. а. характеризуется теми же показателями, что и работа приемной антенны. Но значение этих показателей для оценки работы П. а. и приемной антенны может быть различным. Так, например, существенной характеристикой П. а. является ее к. п. д. Чем он больше, тем бóльшую долю мощности, подводимой от передатчика, составляет мощность волн, излучаемых П. а. Величина к. п. д. у антенны зависит от соотношения между *сопротивлением излучения* антенны $R_и$ и ее *активным сопротивлением* $R_а$:

$$\eta = \frac{R_и}{R_и + R_а}.$$

Аналогично, наибольшая мощность, которую может извлечь приемная антенна из падающей на нее плоской волны данной длины и с заданной напряженностью поля, пропорциональна к. п. д. этой антенны. Однако для приемной антенны к. п. д. не является столь существенной характеристикой, как для П. а. Дело в том, что возможность выделения принимаемых сигналов зависит не только от мощности, поступающей из приемной антенны в приемник, но и от уровня помех, попадающих в приемник через приемную антенну, *уровня собственных шумов приемника* и т. д. Поэтому, например, величина к. п д приемной антенны не дает полного представления о возможностях приема радиосигналов,

в то время как для П. а. величина к. п. д., а значит и величина R_a играют решающую роль. Для уменьшения R_a в П. а. увеличивают сечения проводов вибраторов и фидеров П. а., применяют изоляцию высокого качества (не обладающую утечками и диэлектрическими потерями) и т. д.

Особые требования предъявляются к П. а., предназначенным для излучения больших мощностей. Для этого к П. а. должны подводиться высокие напряжения, которые могут вызвать пробой твердого *диэлектрика* в высокочастотных кабелях или изоляторах или *газовый разряд* в воздухе, окружающем провода, находящиеся под высоким напряжением. При этом возникают значительные потери энергии, активное сопротивление П. а. возрастает и к. п. д. уменьшается.

Заметим, кстати, что к таким явлениям в антеннах не может быть применен принцип взаимности, так как электрическая прочность изоляции двух рассматриваемых антенн, вообще говоря, может быть различной и включение внешней э. д. с. в одну антенну может вызвать явления пробоя, а включение э. д. с. в другую не вызвать таких явлений. Но возникновение пробоя нарушает линейность системы (так как при определенном значении э. д. с., при котором происходит пробой, свойства антенны меняются), а принцип взаимности справедлив лишь для линейных систем, поэтому он не может быть применен к П. а., в которых возникает пробой.

Точно так же и характеристики направленного действия данной антенны, как передающей и приемной, всегда тождественны, но требования к этим характеристикам для передающей и приемной антенн могут быть различны. Например, П. а. телевизионного центра не должна обладать направленным действием в горизонтальном направлении, а приемную телевизионную антенну, предназначенную для приема только этого телецентра, выгодно делать остронаправленной и ориентировать в направлении на телецентр.

Передающие телевизионные трубки — специальные электронно-лучевые трубки для преобразования оптического изображения в электрические сигналы — *видеосигналы*. Все П. т. т. (кроме *диссектора*) используют *принцип накопления заряда*. П. т. т. содержат: светочувствительную поверхность, *мишень*, на которой образуется *зарядный* и *потенциальный рельеф*, *электронный прожектор*, создающий считывающий электронный пучок. Последний осуществляет развертку, в процессе которой считывается сигнал и стирается рельеф.

Передающий радиоцентр — комплекс радиопередатчиков с передающими антеннами и вспомогательными устройствами, обеспечивающий передачу радиограмм из данного города в ряд других пунктов. Во избежание помех радиоприему в городе П. р. обычно выносится далеко за его пределы и связывается с ним кабелями, по которым из города поступают сигналы, модулирующие передатчики П. р.

Передвижная телевизионная станция — специально оборудованный автобус для *внестудийных телевизионных передач*. В состав П. т. с. входят выносные *телевизионные камеры* и микрофоны, соединенные с аппаратурой в автобусе специальным камерным кабелем. В аппаратуру П. т. с. входят видео- и звуковые усилители, *синхрогенератор*, *видеоконтрольные устройства*, маломощные передатчики, контрольно-измерительная аппаратура, выпрямители и другое вспомогательное оборудование. В П. т. с. имеются также пульты режиссера и диктора.

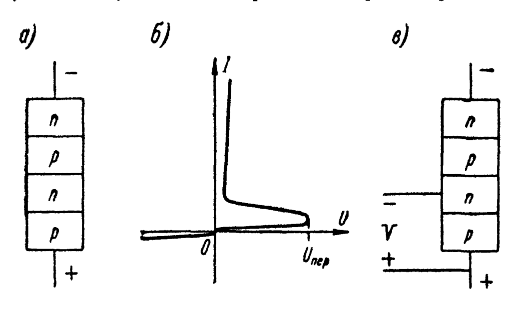
Сигналы П. т. с. передаются на *телевизионный центр* по радиолинии на сантиметровых или деци-

метровых волнах обычно с частотной модуляцией. Приемные антенны (параболического типа) размещаются высоко на башне телевизионного центра. Последний работает как ретранслятор сигналов П. т. с. Синхрогенератор телевизионного центра работает при этом в ведомом режиме.

Переключатель диапазонов — переключатель для перехода с одного диапазона на другой.

Переключатель телевизионных каналов (в телевизорах) — блок (обычно барабанного типа), предназначенный для переключения входных контуров и контура гетеродина на один из *телевизионных каналов*. Иногда этот блок называют также переключателем телевизионных программ.

Переключающие диоды — полупроводниковые приборы структуры $p - n - p - n$, содержащие три



$p - n$ перехода и снабженные двумя (неуправляемые П. д., рис. *а*) или тремя (управляемые П. д., рис. *в*) выводами. Ввиду встречного соединения $p - n$ переходов через П. д. при любой полярности напряжения проходит незначительный обратный ток. Однако при некотором достаточно большом напряжении ($U_{пер}$ на рис. *б*) полярности, указанной на рис. *а*, происходит переход П. д. во включенное состояние, причем через диод может проходить значительный ток при небольшом падении напряжения (около 1 *в*). Для возврата П. д. в выключенное состояние необходимо снять с него напряжение. Если неуправляемый П. д. подобен *газотрону* (прохождение тока возможно в одном направлении и только после приложения повышенного «напряжения зажигания»), то управляемый П. д. аналогичен *тиратрону*: «зажигание» (перевод диода во включенное состояние) может производиться при любой величине напряжения между основными выводами путем подачи в цепь управляющего электрода (нижнего на рис. *в* $p - n$ перехода) импульса прямого тока. Выключение управляемого П. д., так же как и неуправляемого, происходит лишь при снятии напряжения с основных выводов диода.

Перекрестная модуляция — наложение модуляции одного колебания на другое, происходящее при прохождении через общий тракт, например усилитель, двух (или большего числа) высокочастотных колебаний, из которых хотя бы одно является модулированным. П. м. происходит, например, в случае, когда наряду с принимаемой станцией на вход приемника действует мощная мешающая станция. Вследствие нелинейности амплитудных характеристик усилителя высокой частоты мощные сигналы мешающей станции модулируют принимаемую передачу. Поэтому, несмотря на высокую избирательность приемника, вместе с принимаемой передачей прослушиваются сигналы мешающей станции. Чтобы П. м. не возникала, амплитудная характеристика первых каскадов приемника должна быть прямолинейной в пределах достаточно больших амплитуд подводимого напряжения.

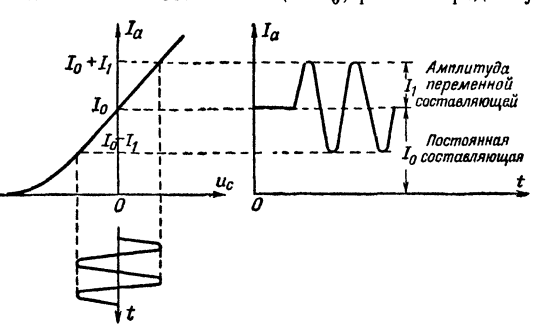
Перемежающаяся развертка — см. *Чересстрочная развертка*.

Переменная индуктивность — катушка, *индуктивность* которой

можно плавно изменять в известных пределах. Для плавного изменения индуктивности применяются различные методы. Одним из простейших методов является применение катушек с подвижным сердечником из *ферромагнитного материала*. Чем глубже вдвигается сердечник в катушку, тем больше ее индуктивность. Использование в качестве ферромагнитного материала *магнитодиэлектриков* позволяет применять такие катушки П. и. вплоть до весьма высоких частот. Другой метод получения П. и. осуществляется с помощью подвижной пластинки из хорошо проводящего немагнитного металла (меди, алюминия). Когда пластинка приближается к катушке, в ней под действием переменного магнитного поля катушки возникают *вихревые токи*. Они по фазе противоположны токам в катушке и поэтому ослабляют магнитное поле катушки, т. е. уменьшают ее индуктивность. Этот метод изменения индуктивности получил название настройки металлом. Третий из широко применяемых методов осуществления П. и. основан на изменении взаимного расположения двух катушек, включенных в одну цепь. Этот метод используется в вариометрах.

Переменная составляющая напряжения — определяется аналогично *переменной составляющей тока*

Переменная составляющая тока — та часть периодически изменяющегося тока, которая остается после вычета из этого тока *постоянной составляющей*. П. с. т. в простейшем случае представляет собой *синусоидальный переменный ток* с периодом, равным периоду изменений исходного тока. В более сложных случаях П. с. т. содержит, кроме тока этой *основной частоты*, еще и высшие *гармоники*, т. е. переменные токи с частотами, в целое число раз бо́льшими. Например, если на сетку электронной лампы действует синусоидальное напряжение (см. рис.) и лампа работает на прямолинейном участке характеристики, то анодный ток представляет собой сумму постоянной составляющей I_0, равной среднему



значению анодного тока, и П. с. т. — синусоидального переменного тока с амплитудой I_1 и частотой напряжения, подводимого к сетке. В случае *однополупериодного выпрямления* П. с. т. (выпрямленного) содержит, помимо синусоидального тока с частотой, равной частоте выпрямленного тока, еще и ряд высших гармоник. При *двухполупериодном выпрямлении* П. с. т. содержит синусоидальный ток с частотой, вдвое большей, чем частота выпрямленного тока, и высшие гармоники, и т. д.

Переменный конденсатор — то же, что *конденсатор* переменной емкости

Перемодуляция — случай *амплитудной модуляции*, при котором модулирующее напряжение столь велико, что при положительной его полуволне амплитуда модулируемого напряжения возрастает более чем на 100% по сравнению со средним значением. Так как при другой полуволне амплитуда модулируе-

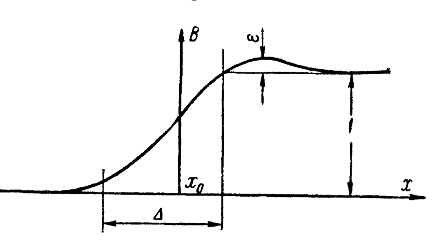
мого напряжения может уменьшиться только до нуля (т. е. не более чем на 100%), то в случае П. неизбежны искажения формы модулированных колебаний, а вместе с тем и передаваемых сигналов.

Перерегулирование — наибольшее отклонение регулируемых параметров в переходных режимах от заданного установившегося значения. П. устойчивых регулируемых систем рассматривается при типовом воздействии и определенных начальных условиях. Разработаны методы оценки величины П., не требующие построения переходных процессов. Для процессов, вызванных единичным скачкообразным воздействием, величина П. определяется при помощи вещественной *частотной характеристики*. Известны также условия, которым должны удовлетворять частотные характеристики регулируемых систем, при которых П. не могут быть велики. Эти условия связаны с абсолютной величиной пиков или экстремумов в вещественной частотной характеристике. Отсутствие экстремумов указывает на то, что П. в системе невелики или вообще отсутствуют.

Переход *p* — *n* — см. *Электронно-дырочный переход*.

Переходная характеристика — реакция линейной динамической системы на единичное ступенчатое воздействие при нулевых начальных условиях. При помощи П. х. можно определить реакцию линейной динамической системы на произвольные по форме возмущения при любых (ненулевых) начальных условиях. В ряде случаев П. х. является исходной для определения показателей *качества систем автоматического управления и регулирования* (линейных). У нелинейных автоматических систем форма П. х. зависит от амплитуды входных сигналов. П. х. линейных систем однозначно связана с амплитудно-частотными и фазо-частотными характеристиками.

Переходная характеристика телевизионной системы — зависимость яркости изображения B от координаты x вдоль строки при передаче резкой границы между черным и белым, идущей в поперечном направлении (см. рис.).



x_0 — координата границы между черным и белым; ε — выброс; Δ — зона размытости.

П. х. т. с. аналогична переходной характеристике линейного четырехполюсника (функции включения). П. х. т. с. имеет смысл при линейности телевизионной системы в целом (от света на фотокатоде передающей трубки до света на экране приемника). Такая линеаризация в принципе может быть осуществлена с помощью *гамма-коррекции*. П. х. т. с. приближенно оценивается зоной размытости Δ и выбросом ε (в процентах от установившегося значения, равного единице). П. х. т. с. однозначно связана с *частотно-контрастной характеристикой*, но более наглядно отображает способность системы воспроизводить изображения. Аналогично П. х. т. с. определяются переходные характеристики любого звена системы.

Переходные процессы — то же, что *нестационарные процессы*.

Период колебаний — время (T), в течение которого величина, совершающая *колебания*, проходит через все промежуточные значения и возвращается к произвольно выбранному исходному значению. П. является величиной, об-

ратной частоте колебаний ν, т. е. $T = 1/\nu$.

Период поля — время передачи четных или нечетных строк при *чересстрочной развертке*. П. п. равен половине периода кадра (1/50 *сек*).

Период строки— время рабочего и обратного ходов строчной развертки.

Период элемента — период передачи одного растрового (номинального) элемента. П. э. $\tau = 1/f_т$, где $f_т$ — *частота точек*. По стандарту телевизионного вещания $\tau = 0{,}08$ *мксек*.

Периодический процесс — процесс, при котором любое из состояний, через которые проходит процесс, бесконечно повторяется через одни и те же промежутки времени.

Перт — см. *Сетевого планирования методы*.

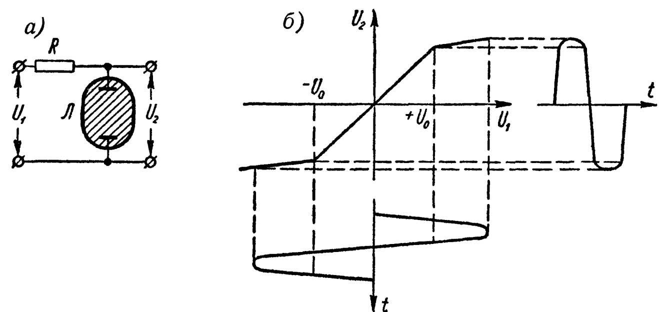
Перцептрон (персептрон) —электронное опознающее устройство, предназначенное для автоматической классификации входных сигналов (*опознания образов*). Название происходит от слова «перцепция», под которым в психологии и философии понимают восприятие, непосредственное отражение объективной действительности. Окончание «трон» традиционно при обозначении электронных устройств и автоматов. Иногда устройства такого типа называют узнающими машинами.

П. — автомат, теория которого рассматривается в разделе *кибернетики*, называемом опознанием образов. К настоящему времени известно сравнительно небольшое число технических реализаций П. («Марк-1», «Марк-2», «Конфлекс-1», «Тобермори», «Мадалин», «Кибертрон-200» и др.), но существует большое число программ для универсальных цифровых вычислительных машин, которые позволяют моделировать работу П. в режиме обучения и опознания зрительных, слуховых и других образов. При этом в ряде случаев цифровые вычислительные машины имеют специальные устройства ввода (например, телевизионное устройство для машины «Киев» в Институте кибернетики АН УССР, аналого-цифровое устройство ввода звуков речи для машины «М-20» в Институте математики Сибирского отделения АН СССР). Это позволяет предъявлять машине непосредственно те объекты для опознания, которые должен автоматически классифицировать моделируемый на ней П.

Петля гистерезиса — см. *Гистерезис*.

Пиковое значение — наибольшее значение какой-либо быстроменяющейся величины, например напряжения, тока, мощности и т. д.

Пикосрезатель — устройство, включаемое перед различной аппаратурой, применяемой в системах связи, и предназначенное для предотвращения возможности подачи

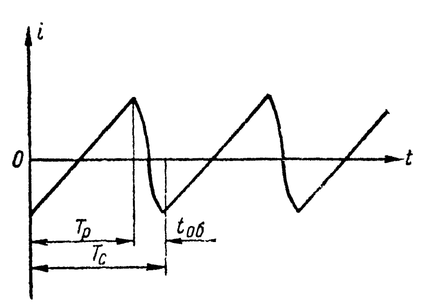


чрезмерно больших напряжений на вход этой аппаратуры (например, передатчиков, усилителей, линий связи и т. п.). Чрезмерно большие напряжения могут вызвать аварии или сильное влияние данной системы связи на другие.

В простейших П. применяется неоновая лампа *Л* (см. рис. *а*), имеющая порог зажигания $\pm U_0$. Если напряжение на ее электродах не достигает порога зажигания, то она практически не обладает проводимостью. Если напряжение достигнет порога зажигания, то лампа зажжется. Дальнейшее увеличение напряжения U_1 на входе П. вызовет ничтожно малое увеличение напряжения U_2, так как при этом проводимость лампы будет резко возрастать и соответственно с этим увеличится падение напряжения на сопротивлении R. Зависимость мгновенных значений напряжения U_2 от U_1 показана на рис. *б*. При ограничении напряжения на выходе П. создает *нелинейные искажения* передаваемого сигнала.

Пилообразное напряжение — переменное напряжение, кривая изменения которого во времени *(осциллограмма)* имеет форму зубцов пилы (см. *Пилообразный ток*). П. н. применяется для осуществления *развертки* в *осциллографах*, *телевидении* и т. д. П. н. относится к типу *релаксационных колебаний*. Для создания П. н. наибольшее распространение получили схемы с *блокинг-генераторами* и *мультивибраторами*.

Пилообразный ток — ток в отклоняющих строчных и кадровых катушках, осциллограмма которого имеет форму зубцов пилы (см. рис.). Форма рабочего хода П. т. — прямолинейная, крутизна нарастания постоянна. При небольших углах отклонения это обеспечивает постоянство скорости развертки. Форма обратного хода может быть произвольной. В строчной развертке обратный ход П. т. имеет форму полупериода косинусоиды. В широкоугольных кинескопах (угол отклонения 90—110°) для обеспечения постоянства скорости развертки на экране крутизну нарастания



$T_с$ — период строчной развертки; $T_р$ — время рабочего хода; $t_{об}$ — время обратного хода.

в начале и конце рабочего хода необходимо уменьшить. Максимальное значение П. т. зависит от числа витков катушки, угла отклонения и напряжения на аноде кинескопа. (См. также *Линейно изменяющийся ток*).

Пилот-сигнал — вспомогательный сигнал, передаваемый по радио вместе с обычными сигналами для управления или контроля за работой радиоприемника, например для управления частотой местного гетеродина, восстанавливающего несущую частоту при *передаче без несущей частоты*.

Пищик — небольшой электромагнитный прерыватель, превращающий постоянный ток в прерывистый. Применяется иногда в качестве маломощного источника переменного тока низкой частоты, а также для обучения приему на слух телеграфных сигналов.

Плавание звука — см. *Детонация*.

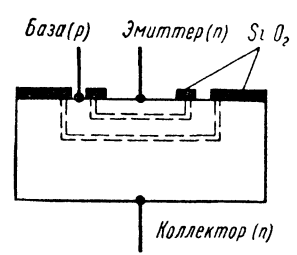
Плавная настройка — см. *Настройка*.

Плазма (электронно-ионная плазма) — сильно ионизованный газ, в единице объема которого содер-

жится одинаковое число электронов и ионов и который поэтому в целом является электрически нейтральным. Местное нарушение нейтральности П., т. е. появление избыточных зарядов того или другого знака, приводит к возникновению электрических полей, которые, действуя на электроны и ионы, восстанавливают нейтральность П. П., в отличие от нейтрального газа, состоит преимущественно из заряженных частиц и поэтому по своим свойствам (электропроводности, поведению под действием электрических и магнитных полей) существенно отличается от газов. Эти отличия столь велики, что П. рассматривают как особое, четвертое состояние вещества, наряду с твердым, жидким и газообразным. В космосе П. является весьма распространенным состоянием вещества: Солнце, горячие звезды и некоторые межзвездные облака состоят из П.

Причиной образования плазмы могут служить, помимо сильного нагрева, электрический разряд, интенсивное освещение (особенно ультрафиолетовыми лучами), поток элементарных частиц высокой энергии и т. п. Важным применением свойств П. является прямое преобразование тепловой энергии в электрическую в магнитогидродинамических генераторах и плазменных тепловых элементах.

Планарные диоды и транзисторы — технологическая разновидность кремниевых полупроводниковых диодов и транзисторов, изготовляемых путем диффузии примесей и отличающихся тем, что все области получаемого полупроводникового прибора выходят на одну сторону пластинки, т. е. на одну плоскость (см. рис), откуда и название таких приборов. Своеобразная структура *p — n* переходов П. д и. т. достигается проведением диффузии примесей через маску, создаваемую на поверхности кремния путем его окисления. Окисел кремния (SiO_2) защищает необходимые участки пластинки от проникновения в них примесей не только во время технологического процесса, но и в дальнейшем, при эксплуатации готового прибора, повышая стабильность его характеристик. Технология изготовления



П. д. и. т. позволяет получать на одной пластинке кремния одновременно большое количество одинаковых структур диодов или транзисторов, из которых после распиливания пластины делают соответствующее количество отдельных приборов.

Планшайба — плоское стекло, на которое наносится фотокатод или мишень передающей телевизионной трубки, электронно-оптического преобразователя, фотоэлектронного умножителя и т. п.

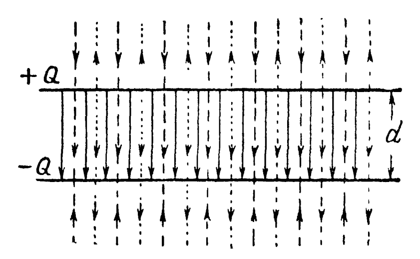
Пластика (ТВ) — см. *Окантовка изображения*

Платинотрон — один из вариантов *лампы обратной волны* типа М, т. е. с поперечным магнитным полем. Замедляющая система, вдоль которой движется бегущая волна, — кольцевая. П во многом подобен и магнетрону, так как имеет цилиндрический катод и электроны движутся во взаимно перпендикулярных статических электрическом и магнитном полях. Применяется как усилитель мощности в диапазоне дециметровых и сантиметровых волн и как самовозбуждающийся генератор.

Плоская волна — волна, все точки которой, лежащие в любой плоскости, перпендикулярной направ-

лению распространения волны, имеют одинаковые амплитуды и фазы, т. е. *фронт волны* представляет собой плоскость. Поскольку волны излучаются источником, имеющим ограниченные размеры, они всегда являются не плоскими, а расходящимися. Однако на достаточно большом расстоянии от источника отдельные ограниченные участки расходящейся волны можно считать П. в. Чем больше удаляется волна от излучающего источника, тем больше размеры той области, в которой эту волну можно с заданной степенью точности считать П. в.

Плоский конденсатор — *конденсатор* с плоскопараллельными обкладками, расстояние между которыми мало по сравнению с их размерами. При этих условиях заряды $+Q$ и $-Q$ распределяются практически равномерно по всей площади каждой из обкладок S. На



расстояниях, малых по сравнению с размерами пластин, каждая из них в отсутствие диэлектрика создает по обе стороны от себя электрическое поле, напряженность которого в системе СГСЭ $E_0 = 2\pi\sigma$, где $\sigma = Q/S$ — поверхностная плотность электрического заряда. При этом поле положительно заряженной пластины по обе стороны направлено от нее, а поле отрицательно заряженной — по обе стороны к пластине (на рис. силовые линии поля положительной пластины нанесены точками, а отрицательной — штрихами). В пространстве между пластинами эти оба поля направлены одинаково и, складываясь, дают результирующее поле вдвое большей напряженности $E_1 = 4\pi\sigma$.

В пространстве вне пластин оба поля направлены навстречу друг другу, и так как напряженность обоих полей по величине одинакова, то напряженность результирующего поля равна нулю, т. е. вне П. к. электрическое поле отсутствует, оно все сосредоточено между пластинами (силовые линии этого поля изображены на рис. сплошными линиями).

Чтобы перейти к выражению связи между зарядом и напряженностью поля от системы СГСЭ к системе СИ, нужно умножить плотность заряда на коэффициент $1/4\pi\varepsilon_0$, на который различаются выражения закона Кулона в системах СГСЭ и СИ. Следовательно, вблизи плоской пластины, несущей заряд с поверхностной плотностью σ, напряженность электрического поля в системе СИ

$$E_0 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0},$$

а напряженность поля между пластинами П. к. в той же системе

$$E_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0},$$

где ε_0 — диэлектрическая проницаемость вакуума.

Если все пространство между пластинами конденсатора заполнено однородным диэлектриком с относительной *диэлектрической проницаемостью* ε, то при тех же зарядах на пластинах напряженность поля в конденсаторе уменьшается в ε раз, т. е. в системе СГСЭ

$$E_1 = \frac{4\pi\sigma}{\varepsilon},$$

а в системе СИ

$$E_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$$

(как и прежде, ε означает относительную диэлектрическую прони-

цаемость среды относительно вакуума).

Поскольку электрическое поле между обкладками однородно, то *разность потенциалов* между ними связана с *напряженностью электрического поля* выражением $U = Ed$, где d — расстояние между пластинами; следовательно, в системе СГСЭ

$$U = \frac{4\pi\sigma d}{\varepsilon},$$

а в системе СИ

$$U = \frac{\sigma d}{\varepsilon\varepsilon_0}.$$

Учитывая, что $\sigma = Q/S$, можно найти связь разности потенциалов между обкладками П. к. с величиной заряда на них. В системе СГСЭ

$$U = \frac{4\pi Qd}{\varepsilon S},$$

а в системе СИ

$$U = \frac{Qd}{\varepsilon\varepsilon_0 S}.$$

С другой стороны, так как $U = Q/C$, где C — емкость конденсатора, то емкость П. к. в системе СГСЭ

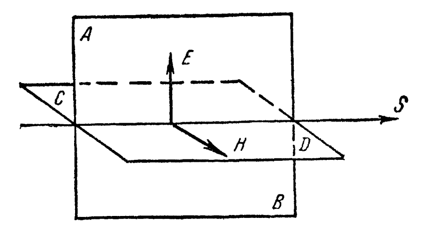
$$C = \frac{\varepsilon S}{4\pi d},$$

а в системе СИ

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}.$$

Плоскополяризованная электромагнитная волна — волна, в которой электрический вектор E сохраняет неизменной свою ориентировку, т. е. все время лежит в одной и той же плоскости AB, проходящей через направление S распространения волны (см. рис.). Так как магнитный вектор H всегда перпендикулярен вектору E, то он также сохраняет свою ориентировку и лежит в плоскости CD, перпендикулярной плоскости AB. В оптике условились называть плоскость CD плоскостью поляризации, а плоскость AB — плоскостью колебаний. В радиотехнике плоскостью поляризации обычно называют плоскость AB. Чтобы исключить возможность недоразумений, лучше говорить не о плоскости поляризации, а о «плоскости вектора E» или «плоскости вектора H».

Передающие антенны в большинстве случаев излучают П. э. в. Направление вектора E в этих волнах определяется ориентировкой антенны, но при распространении радиоволн направление вектора E иногда может изменяться. Антенны в виде *диполя* или системы



параллельных диполей, или вообще состоящие из параллельных проводов создают П. э. в., электрическое поле которых параллельно направлению диполей или проводов антенны, а магнитное — перпендикулярно направлению проводов.

У длинноволновых антенн, расположенных над Землей на высоте, меньшей, чем длина волны, радиоволны излучают только вертикальные участки антенны. Следовательно, эти радиоволны поляризованы так, что их электрическое поле направлено вертикально. На коротких, а тем более ультракоротких волнах излучать могут не только вертикальные, но и расположенные по-иному провода. В этом случае волны, излучаемые горизонтальными проводами, поляризованы так, что их электрическое поле горизонтально.

Для приема радиоволн необходимо, чтобы электрическое поле приходящей волны действовало вдоль проводов приемной антенны.

Если электрическое поле перпендикулярно проводу, то оно не создает в нем токов. Наиболее выгодно, когда направление проводов приемной антенны совпадает с направлением электрического поля принимаемой П. э. в. Поэтому для приема длинных волн выгодны всегда вертикальные провода. Электрическое поле ультракоротких волн может быть расположено различно в зависимости от расположения излучающих проводов. В частности, антенны телевизионных передатчиков излучают П. э. в., у которых электрическое поле горизонтально. Прием этих волн следует вести на горизонтальные диполи.

Если поляризация изменяется, как это часто бывает при распространении коротких волн, то приемные антенны должны работать при любом направлении электрического поля в волне (так называемые неполяризованные антенны). Это достигается применением комбинаций нескольких антенн, принимающих волны, поляризованные в разных плоскостях.

Плоскостные диоды и транзисторы — *полупроводниковые диоды* и *транзисторы* с электронно-дырочными переходами, созданными в объеме полупроводника (в отличие от точечных диодов и транзисторов, использующих точечный контакт остриев металлической иглы на поверхности полупроводника).

Плотность звуковой энергии — сумма кинетической энергии движения частиц среды и потенциальной энергии сжатия, заключенная в бесконечно малом объеме среды при распространении звуковой волны и отнесенная к величине этого объема. Различают мгновенную П. з. э. (существующую в данный момент времени), среднюю по объему П. з. э. (среднюю для данного объема конечных размеров в некоторый момент времени) и среднюю по времени П. з. э. (среднюю для данного промежутка времени в заданной точке звукового поля). Единица измерения П. з. э. 1 *эрг/см*^{3} или 1 *вт·сек/м*^{3}.

Плотность потока энергии — количество энергии, проходящей за единицу времени через площадку с площадью, равной единице и расположенной перпендикулярно направлению, в котором перемещается энергия.

Плотность электрического заряда (объемная) — отношение количества электричества Δq, заключенного в каком-либо достаточно малом объеме, к величине этого объема ΔV:

$$\rho = \frac{\Delta q}{\Delta V}.$$

Объем ΔV должен быть выбран столь малым, чтобы в отдельных его частях ρ везде была одинакова. Если заряд q распределен в каком-либо объеме V равномерно, т. е. ρ во всех частях объема одинакова, то

$$\rho = \frac{q}{V}.$$

Объемную П. э. з. следует отличать от *поверхностной П. э. з.*

Плотность электрического тока j — отношение тока ΔI, протекающего через какой-либо достаточно малый участок поперечного сечения проводника, к площади этого участка ΔS:

$$j = \frac{\Delta I}{\Delta S}.$$

Участок сечения ΔS должен быть выбран столь малым, чтобы во всех частях этого участка j была одинакова.

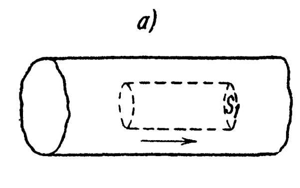
В случае однородного проводника, удельное сопротивление которого везде одинаково, пока частота тока не очень велика, так что не играет роли *поверхностный эффект* ток I распределяется по сечению проводника равномерно и П. э. т. одинакова во всех участках сечения проводника. Поэтому вместо малых участков сечения ΔS можно

брать все сечение S:

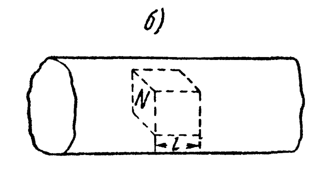
$$j = \frac{I}{S}.$$

Так как электрический ток создается движением отдельных электрических зарядов, то П. э. т. представляет собой произведение числа зарядов n, проходящих за секунду через площадь S_1 поперечного сечения проводника, равную 1 *см*², на величину отдельного заряда e, т. е. $j = en$.

а)



б)



Чтобы определить n, выделим в проводе (см. рис. *а*) прямой цилиндр, имеющий основание S_1 и ось, параллельную оси провода. Возьмем высоту цилиндра численно равной средней скорости движения зарядов v (т. е. при скорости зарядов v *см/сек* высота цилиндра равна v *см*). За 1 *сек* все заряды, заключенные в этом цилиндре, пройдут через сечение S_1. Но объем цилиндра численно также равен V (так как площадь основания равна 1 *см*²) и, следовательно,

$$n = VN,$$

где N — число зарядов, заключенных в 1 *см*³ проводника и участвующих в образовании тока Таким образом, $j = eVN$.

П. э. т., так же как и сам ток, определяется *законом Ома*. Если к концам однородного проводника длиной l и одинакового по всей длине сечения S приложено напряжение U, то пока частота тока не очень велика́ (так что поверхностный эффект не играет роли), ток в проводнике по закону Ома равен:

$$I = \frac{U}{\frac{\rho l}{S}},$$

где ρ — *удельное сопротивление проводника*; отсюда П. э. т.

$$j = \frac{U}{\rho l}.$$

Электрическое поле в проводнике в рассматриваемом случае однородно и *напряженность электрического поля*

$$E = \frac{U}{l},$$

следовательно,

$$j = \frac{E}{\rho}.$$

Это выражение называется дифференциальной формой закона Ома.

С помощью П. э. т. может быть записан в дифференциальной форме и закон Джоуля—Ленца. Выделим внутри проводника объем в виде куба, у которого грань N перпендикулярна оси проводника, а длина ребра l равна единице длины (см. рис. *б*) Тогда через грань N и противолежащую ей протекает ток, численно равный j (так как площадь грани равна единице), а напряжение между этими гранями численно равно напряженности электрического поля E (поскольку расстояние между гранями также равно единице) Следовательно, работа, совершаемая силами электрического поля за единицу времени, т. е. мощность, выделяющаяся в виде тепла в единице объема, равна

$$P_1 = Ej.$$

Выражая j через E или E через j, с помощью закона Ома в дифферен-

циальной форме получим:

$$P_1 = \frac{E^2}{\rho} = \rho j^2 ,$$

Это и есть дифференциальная форма закона Джоуля—Ленца.

Хотя количество тепла, выделяемого током в единице объема проводника, определяется П. э. т., температура нагрева проводника зависит еще от условий охлаждения. Поэтому в разных случаях допускается различная П. э. т. Например, для отдельных медных проводов допускается П. э. т. до 7 *а/мм*², а для обмотки трансформатора, условия охлаждения которой гораздо хуже, допустимая П. э. т. составляет 2—3 *а/мм*².

Плюмбикон — новая телевизионная передающая трубка типа *видикон* с мишенью из окиси свинца (PbO). Достоинства П.: высокая чувствительность (1—2 *лк*), отсутствие заметной инерционности. П. начинает применяться в студийных телевизионных камерах, в частности в трехтрубочных камерах для цветного телевидения.

Пневмогидроавтоматика — собирательный термин, которым иногда обозначают тот раздел автоматики, в котором основные элементы, приборы и узлы приводятся в действие сжатым воздухом (газом) или жидкостью. Важным этапом в развитии П. явилась разработка отечественных элементов, образующих в совокупности так называемую агрегатную унифицированную систему. Так, например, создана пневматическая агрегатная унифицированная система, содержащая следующие блоки: измерительные, регулирующие, суммирующие, интегрирующие, блоки для выполнения логических операций, функциональные преобразователи, блоки экстремального регулирования, сигнальные устройства, приборы контроля (показывающие и самопишущие), исполнительные механизмы и регулирующие органы. Внедрение агрегатных устройств П. дает большой народнохозяйственный эффект. Интересным и прогрессивным развитием П. явилось использование струйной техники; это направление принято называть *пневмоникой*.

Пневмоника — новое направление в *пневмогидроавтоматике*, основной отличительной чертой которого является то, что здесь не происходит непосредственного взаимодействия воздуха (газа) с мембраной или другой механической подвижной частью прибора, а взаимодействуют непосредственно струи воздуха (отсюда другое название П. — струйная техника); это позволяет штамповать миниатюрные приборы по принципам *печатных схем* так, что каждый изготовленный таким образом прибор является законченным функциональным блочком для выполнения усилительных, логических, запоминающих и других, более сложных операций автоматики. При изготовлении приборов П. способом печатного монтажа все элементы прибора — сопла, дроссели, камеры, коммуникационные каналы и др. — образуются углублениями на поверхности плоских деталей или же сквозными просечками в пластинах. Углубления, отвечающие рисунку отдельных элементов и целых схем, реализующих те или иные *алгоритмы*, могут получаться в пластинках различными технологическими приемами: штамповкой, прецизионным литьем, фотохимическим травлением и т. д. Сами приборы П. могут изготавливаться из пластмассы, металла, керамики, стекла и иных магериалов.

Поверхностная волна — радиоволна, распространяющаяся непосредственно над поверхностью Земли. На распространение П. в. существенно влияют *поглощение радиоволн* в Земле и *дифракция волн* у земной поверхности. П. в. называют также земным лучом.

Поверхностная плотность электрического заряда (σ) — отношение

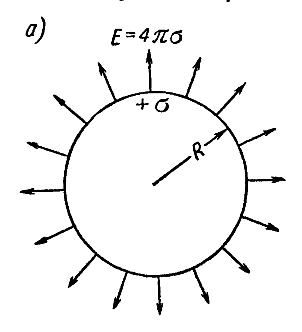
количества электричества Δq, расположенного на некотором достаточно малом участке поверхности тела, к площади этого участка ΔS:

$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S}.$$

Участок поверхности ΔS должен быть выбран столь малым, чтобы в отдельных его частях П. п. э. з. была везде одинаковой. Если заряд q распределен по поверхности равномерно, т. е. П. п. э. з. во всех участках поверхности одинакова, то при определении П. п. э. з. может быть взята площадь всей поверхности S, т. е.

$$\sigma = \frac{q}{S}.$$

В действительности электрические заряды занимают некоторый объем, т. е. располагаются у поверхности тела в слое, имеющем некоторую толщину. Поэтому понятие П. п. э. з. условно, а физический смысл во всех случаях имеет только *объемная плотность электрических зарядов.* Однако практически можно считать, что в заряженном проводнике электрические заряды распределены с некоторой поверхностной плотностью σ на самой поверхности проводника.



Например, у металлического шара радиуса R (см. рис. *а*) заряд распределяется равномерно по поверхности, имеющей площадь $S = 4\pi R^2$. Поэтому для шара П. п. э. з.

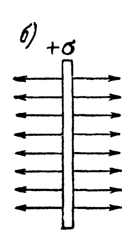
$$\sigma = \frac{q}{4\pi R^2},$$

где q — общее количество электричества на поверхности шара. Для того чтобы найти связь между П. п. э. з. и *напряженностью электрического поля* у равномерно заряженной поверхности шара, можно воспользоваться следующими наглядными соображениями. Электрическое поле внутри шара, как и внутри всякого замкнутого проводника, если электрические заряды на проводнике неподвижны, должно отсутствовать, а вне шара оно должно быть таким же, как если бы весь заряд q был сосредоточен в центре шара. (Вдали от шара последнее утверждение заведомо справедливо, поскольку всякое заряженное тело на большом расстоянии можно рассматривать как точечный заряд.) С другой стороны, так как число силовых линий, начинающихся у поверхности шара, зависит только от общей величины заряда, то это значит, что густота силовых линий у поверхности шара пропорциональна $1/R^2$, где R — радиус шара. Но густота силовых линий пропорциональна напряженности поля. Следовательно, в системе СГСЭ напряженность электрического поля в вакууме у наружной поверхности шара $E = q/R^2$.

Сопоставляя последнее выражение с выражением для σ, легко увидеть, что $E = 4\pi\sigma$, т. е. напряженность электрического поля у поверхности равномерно заряженного шара определяется только П. п. э. з. Такова же напряженность поля вблизи любой замкнутой поверхности. Однако для поверхностей, отличающихся от шаровой, П. п. э. з. в разных местах, вообще говоря, различна. Она больше в тех местах, где кривизна поверхности больше; в этих же местах возрастает и напряженность поля. По-

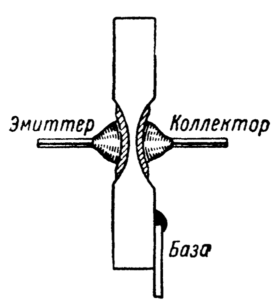
этому в местах резких изгибов заряженной поверхности (например, у острия) напряженность поля столь велика, что может возникнуть *газовый разряд* в окружающей атмосфере.

В случае заряженной плоской пластины (см. рис. *б*) заряд также распределяется равномерно с одинаковой по всей поверхности П. п. э. з. σ. Однако при этом поверхностные заряды создают одинаковое электрическое поле по обе стороны от пластины, а значит при одинаковой П. п. э. з. густота силовых линий у плоской поверхности будет вдвое меньше, чем у внешней поверхности шара (в случае шара поверхностные заряды создают электрическое поле только с внешней его стороны). Так как густота силовых линий пропорциональна напряженности поля, то из изложенного следует, что при одной и той же П. п. э. з. электрическое поле вблизи пластины с каждой стороны имеет вдвое меньшую напряженность, чем в случае шара, т. е. напряженность электрического поля вблизи пластины $E = 2\pi\sigma$.



В системе СИ в *законе Кулона* для вакуума вместо единицы появляется коэффициент $1/4\pi\varepsilon_0$. В результате этого во все выражения, связывающие величину напряженности электрического поля с величиной заряда (или плотностью заряда), войдет тот же множитель, т. е. в вакууме у поверхности шара $E = \sigma/\varepsilon_0$ а у поверхности пластины $E = \sigma/2\varepsilon_0$, а в диэлектрике с относительной диэлектрической проницаемостью ε соответственно для шара $E = \sigma/\varepsilon\varepsilon_0$ и для пластины $E = \sigma/2\varepsilon\varepsilon_0$.

Поверхностно-барьерный транзистор — транзистор, изготовленный электрохимическим методом, суть которого состоит в следующем. На тонкую исходную пластинку полупроводникового материала (большей частью германия *n*-типа) с противоположных сторон направляются две струи электролита, причем одновременно на пластинку подается постоянное напряжение такой полярности, что в результате электролиза в ней вытравливаются две лунки. Когда толщина перемычки между лунками становится



достаточно малой (несколько микрон), полярность напряжения изменяют, и на поверхностях лунок начинают высаживаться из электролита тонкие слои металла-примеси (например, индия). Затем к этим слоям и к исходной пластинке припаивают выводы и получается транзистор (см. рис.), так как контакты примесного металла с исходным полупроводником образуют $p - n$ переходы. П. т. имеют сравнительно высокие граничные частоты (до 100 *Мгц*), ибо их технология позволяет получать достаточно тонкие базовые слои, но отличаются весьма низкими уровнями рассеиваемой мощности. В настоящее время на базе электрохимической технологии созданы более совершенные, *микросплавные транзисторы*, вытеснившие П. т.

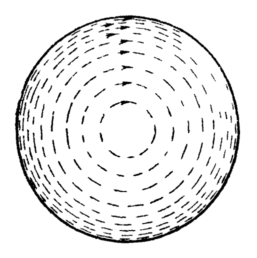
Поверхностные явления в полупроводниках — физические процессы, происходящие на поверхности полупроводника. Поверхность полупроводникового материала находится в непосредствен-

ном контакте с окружающей ее средой. Химическое и физическое взаимодействия поверхности полупроводника с окружающей средой могут вызывать резкое изменение свойств поверхностного слоя полупроводника по сравнению с его объемными свойствами (в глубине): увеличение и даже изменение типа проводимости, повышение скорости рекомбинации неравновесных носителей и др. Даже при идеальной чистоте и гладкости поверхность, являясь границей кристалла полупроводника, представляет собой область, где связи граничных атомов полупроводника оборваны, т. е. упорядоченная монокристаллическая структура нарушена, и это неизбежно ведет к изменению всех электрофизических свойств полупроводника. У большинства полупроводниковых приборов отклонение поверхностных свойств полупроводника от объемных неблагоприятно отражается на их рабочих характеристиках, снижает стабильность параметров во времени и при изменении температуры. Поэтому задача пассивации поверхности, т. е. исключения влияния П. я. в. п. на объемные свойства, является актуальной проблемой современной полупроводниковой техники, в особенности — технологии транзисторов.

Для пассивации поверхности применяются особые технологические приемы (химическая, термическая обработка). Для уменьшения дестабилизирующего влияния поверхности применяется герметизация полупроводниковых приборов в контролируемой газовой среде.

Поверхностный эффект (скин-эффект) — концентрация переменных токов у поверхности проводника, т. е. уменьшение плотности переменного тока от поверхности к оси проводника. Причиной П. э. является магнитное поле, создаваемое током внутри проводника. Для выяснения характера этого поля представим себе однородный круглый проводник разделенным на ряд вложенных одна в другую тонких трубок. Ток в каждой трубке создает магнитное поле только вне трубки, так как силовые линии магнитного поля тока должны охватывать этот ток.

Магнитные поля токов всех трубок складываются, и общее магнитное поле тока возрастает от оси проводника к его поверхности (см. рис.). Наличие магнитного поля



внутри проводника приводит к тому, что магнитный поток, охватывающий трубку с током, растет по мере уменьшения радиуса трубки, а это значит, что растет *индуктивность* трубок.

В случае постоянного тока индуктивность трубок не играет роли, и если сечение стенок у всех трубок одинаково, то одинаково их сопротивление. Следовательно, по всем трубкам протекают токи одинаковой величины, т. е. плотность постоянного тока по всему сечению проводника одна и та же. Но переменный ток в каждой трубке определяется не только ее активным, но и *индуктивным сопротивлением*, которое растет от поверхности к оси вследствие увеличения индуктивности, и сила тока в трубках уменьшается по мере уменьшения радиуса трубок, т. е. плотность переменного тока оказывается наибольшей у поверхности и падает в глубь проводника.

П. э. выражен тем резче, чем больше индуктивное сопротивление проводника по сравнению с его активным сопротивлением. Поэто-

му чем выше частота тока и чем меньше удельное сопротивление материала проводника, тем сильнее П. э. На высоких частотах и при малых удельных сопротивлениях материала проводника весь ток течет практически только в тонком поверхностном слое (отсюда и произошло название скин-эффект; «скин» по-английски — кожа). Например, при частотах, соответствующих сантиметровым волнам, ток в медном проводнике проникает лишь на глубину десятитысячных долей миллиметра, а при частоте 50 *гц* П. э. практически незаметен.

Поскольку ток высокой частоты течет только по части всего сечения проводника, активное сопротивление проводника для токов высокой частоты всегда больше, чем для постоянного тока. Таким образом, хотя П. э. вызывается влиянием индуктивного сопротивления проводника, конечным результатом П. э. является увеличение активного сопротивления с повышением частоты, а вместе с тем и увеличение потерь на нагревание проводников.

Поскольку активное сопротивление проводника зависит от величины поперечного сечения того поверхностного слоя проводника, в котором течет ток, то для токов сверхвысокой частоты активное сопротивление тонкостенной трубки не отличается от активного сопротивления проводника в виде сплошного стержня, сделанного из того же металла и имеющего тот же диаметр, что и сплошная трубка. Если же из всего того металла, из которого сделан сплошной стержень, изготовить тонкостенную трубку, то диаметр ее будет гораздо больше, чем у стержня, и соответственно поперечное сечение поверхностного слоя, по которому течет ток, для трубки будет во столько же раз больше, чем для сплошного стержня, во сколько раз ее диаметр больше диаметра сплошного стержня (так как глубина проникновения тока в обоих случаях одна и та же). Вообще, при данной глубине проникновения тока активное сопротивление проводника при наличии сильного П. э. определяется не площадью поперечного сечения проводника, а периметром этого поперечного сечения. Так как при сильном П. э. активное сопротивление проводника зависит от удельного сопротивления только его поверхностного слоя, то для уменьшения этого сопротивления поверхность проводников, применяемых в цепях высокой частоты, часто покрывают слоем металла, обладающего малым удельным сопротивлением, например серебра.

Явление, аналогичное П. э., происходит и в случае магнитных полей, создаваемых в данном проводнике током, текущим не в этом проводнике, а в других близлежащих проводниках, например токами, текущими не в данном витке катушки индуктивности, а в соседних ее витках. Это приводит к тому, что, помимо П. э., наблюдается изменение распределения тока по сечению проводника — «вытеснение тока» из одной части сечения в другую. Но чем больше нарушено равномерное распределение тока по проводнику, тем больше потери энергии на джоулево тепло и тем больше активное сопротивление проводника. Описываемое явление приводит к увеличению потерь в катушке индуктивности и уменьшению *добротности катушки*.

Повторные изображения (повторы) — изображения, сдвинутые относительно основного вдоль строки по ходу развертки. П. и. обычно имеют небольшой контраст. Они бывают как позитивными, так и негативными. П. и. являются результатом отражения (рассеяния) радиоволн от крупных предметов, при котором на антенну приемника сигнал приходит более длинным

путем, т. е. с запозданием. П. и. могут также возникать в результате отражения от концов длинного антенного фидера. Для борьбы с П. и. выбирают наилучшее положение и ориентацию приемной антенны. П. и., появляющиеся в результате отражения в самом фидере, устраняют путем согласования его волнового сопротивления с нагрузкой.

Поглощающая нагрузка — активное сопротивление, включенное в *длинную линию*, величина которого подобрана таким образом, чтобы вся проходящая по линии энергия поглощалась в этом сопротивлении. Для этого величина сопротивления должна быть равна *волновому сопротивлению линии*. Однако на сверхвысоких частотах соблюдение этого условия уже недостаточно, так как само введение активного сопротивления в линию, например в коаксиальный кабель или волновод, настолько нарушает однородность линии, что возникают сильные отражения и далеко не вся энергия, проходящая по линии, поглощается в нагрузке. Чтобы не возникало отражений, включенная П. н. должна плавно изменять свойства длинной линии, для чего ей придается форма плавно расширяющегося конуса из поглощающего материала, который располагается внутри коаксиального кабеля (или плавно расширяющегося клина в случае прямоугольного волновода). Такие П. н. специальной формы получили название *поглощающих насадок*.

Поглощающая насадка — см. *Поглощающая нагрузка*.

Поглощение радиоволн — поглощение энергии радиоволн средой, в которой эти волны распространяются. Если под действием радиоволн в среде возникают электрические колебания (токи), то на создание этих колебаний затрачивается часть энергии волн, и, распространяясь в среде, волны постепенно ослабевают. Поэтому П. р. происходит во всякой среде, обладающей проводимостью. Степень П. р. с количественной стороны характеризуется *показателем поглощения*.

П. р. происходит при распространении вдоль Земли, представляющей собой проводник, и в ионизированных, а поэтому проводящих слоях атмосферы. Волны, распространяющиеся непосредственно над поверхностью Земли, главным образом поглощаются в Земле. Для длинных волн это поглощение невелико, но при уменьшении длины волны оно возрастает. Поэтому короткие волны, распространяющиеся вдоль поверхности Земли (поверхностные волны), обычно полностью поглощаются на расстояниях порядка десятков километров. Короткие, а иногда и средние волны, распространяющиеся вверх от Земли (пространственные волны), испытывают поглощение в верхних ионизированных слоях атмосферы. Иногда оно достигает весьма значительной величины и является причиной ослабления радиоприема или даже полного прекращения радиосвязи.

П. р. может происходить также и в тропосфере. Однако это поглощение обусловлено не проводимостью тропосферы (которая очень мала), а непосредственным поглощением энергии радиоволн молекулами, входящими в состав атмосферы, дождем, снегом и градом. Такое П. р. в тропосфере становится заметным только на самых коротких волнах — в сантиметровом и миллиметровом диапазонах и в некоторых участках этого диапазона оказывается весьма значительным.

Погрешности измерения — ошибки в полученном результате измерения. Как бы тщательно не производилось измерение той или иной величины, в том числе и при электрических измерениях, абсолютно точное ее значение получить невозможно. Различают абсолютную и относительную П. и.

Абсолютной П. и. называют разность между измеренным и действи-

тельным значениями измеряемой величины:

$$\Delta A = A_1 - A,$$

где A_1 — измеренное значение; A — действительное значение измеряемой величины.

Относительной погрешностью измерения называют выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины:

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100 \, [\%].$$

П. и. делят на три класса: систематические, случайные, промахи.

Систематические П. и. повторяются при повторном измерении; это могут быть погрешности инструментальные, т. е. вносимые приборами (например, погнутая стрелка прибора или неверная установка на нуль шкалы и др.), погрешности из-за несовершенства методов измерения или, наконец, личные, т. е. зависящие от оператора, производящего измерение. Все систематические П. и. можно или устранить или ввести нужную поправку в результат измерения.

Случайные П. и. — те, закономерность которых установить нельзя; эти П. и. имеют разные знаки.

Промахи — ошибки из-за неправильного отсчета по шкале прибора или неправильной записи в процессе измерения. Если производится ряд измерений одной и той же величины или ряд измерений для обнаружения какой-либо зависимости (например, при снятии характеристики электронной лампы), — промахи легко обнаруживаются вследствие явного несоответствия измеренной величины с ожидаемой, и тогда полученные результаты отбрасывают как явно ошибочные.

При измерении обычно требуется найти значение измеряемой величины и определить максимальную погрешность, которая могла иметь место при этом измерении. Если измерение производится методом непосредственного отсчета по шкале стрелочного прибора, то наибольшая возможная П. и. определяется легко. На шкале прибора указан класс его точности (см. *Погрешность измерительного прибора*), т. е. величина

$$\gamma_д = \frac{\Delta A_{наиб}}{A_н} \cdot 100 \, [\%],$$

где $\Delta A_{наиб}$ — наибольшая возможная основная абсолютная погрешность прибора; $A_н$ — номинальное значение величины, измеряемой прибором, т. е. верхний предел измеряемых им величин (крайнее верхнее значение на шкале). Отсюда

$$\Delta A_{наиб} = \frac{\gamma_д A_н}{100}.$$

Наибольшая относительная П.и., очевидно, равна

$$\gamma_{наиб} = \frac{\Delta A_{наиб}}{A} \, 100 \, [\%].$$

Подставляя значение $\Delta A_{наиб}$, получим:

$$\gamma = \frac{\gamma_д A_н \cdot 100}{100 A} = \gamma_д \frac{A_н}{A} \, [\%].$$

Как видно, относительная П. и. равна классу точности прибора, если измеряемая величина равна верхнему пределу величин, измеряемых им:

$$A = A_н,$$

и возрастает пропорционально отношению $A_н/A$. Отсюда ясно, как важно при измерении иметь прибор, верхнее значение шкалы которого лишь немногим превосходит измеряемую величину.

Погрешность измерительного прибора — ошибка при измерении данным измерительным прибором. Ни один измерительный прибор не может дать абсолютно точное значение измеряемой величины, т. е. всякому прибору свойственна некоторая погрешность. П. и. п. подобно *погрешностям измерения* делятся на абсолютные и относительные.

Взятую с обратным знаком величину абсолютной П. и. п. называют поправкой прибора:

$$\delta A = -\Delta A = A - A_1,$$

где ΔA — абсолютная погрешность прибора; A — действительное значение измеряемой величины; A_1 — показание прибора.

Таким образом, для получения действительного значения измеренной величины к показанию прибора следует прибавить поправку; естественно, что поправка может иметь при этом знак плюс или минус. Иногда поправка дается в виде множителя, на который надо умножить показания прибора, чтобы получить действительное значение измеряемой величины.

Значительно удобнее характеризовать точность прибора при помощи приведенной относительной погрешности

$$\gamma_{п} = \frac{\Delta A}{A_{н}} 100\,[\%],$$

где ΔA — абсолютная погрешность прибора; $A_{н}$ — номинальное значение величины, измеряемой прибором, т. е. верхний предел измеряемых им величин.

П. и. п. делят на основные и дополнительные. Основные — это П. и. п. при нормальных условиях измерения: положении прибора, температуре окружающей среды, отсутствии внешних электрических или магнитных полей и т. п. Дополнительные — это П. и. п. в условиях, отличных от нормальных.

Электроизмерительные приборы разделяются на несколько классов точности. Классом точности прибора называется основная, предельно допустимая при данном классе, приведенная относительная П. и. п.

$$\gamma_{д} = \frac{\Delta A_{наиб}}{A_{н}} 100\,[\%],$$

здесь $\Delta A_{наиб}$ — наибольшая, допустимая при данном классе точности основная абсолютная П. и. п. При известном классе точности прибора можно вычислить относительную погрешность измерения.

Подавление радиопомех — специальные меры, принимаемые для ослабления *индустриальных* и *атмосферных помех*. Наиболее эффективным является ослабление первого рода помех в месте их возникновения. Разработаны способы П. р. от электрических машин, систем электрического зажигания автомашин и мотоциклов, трамвая, троллейбуса, высокочастотной медицинской аппаратуры, рентгеновских аппаратов и т. п. Во многих случаях эти машины и аппараты снабжаются устройствами для подавления помех. Для борьбы с проникновением помех в радиоприемник применяют экранированные провода снижения антенны и заземления, а также *антишумовые антенны*. Импульсные помехи, проникающие в приемник, подавляются с помощью специальных схем. К ним относятся *ограничители*, срезающие все напряжения, превышающие наибольшую амплитуду принимаемого сигнала, и другие специальные схемы.

Подвижность носителей заряда — среднее значение скорости, с которой движутся носители данного типа в полупроводнике под действием электрического поля 1 *в/см* вдоль направления этого поля. Подвижные носители заряда (электроны и дырки) в полупроводнике непрерывно находятся в хаотическом движении, вызываемом тепловыми колебаниями атомов кристаллической решетки. Однако в отсутствие внешнего электрического поля такое хаотическое движение порождает лишь слабые электрические флуктуации (шумы), причем среднее значение скорости как электронов, так и дырок в любом направлении равно нулю. При приложении внешнего напряжения поведение носителей заряда изменяется не очень сильно: частые столкновения с атомами кристаллической решетки мешают им разгоняться под

действием электрического поля, и можно говорить лишь о небольшом преобладании перемещений дырок в направлении этого поля, а электронов — навстречу полю, над их перемещениями в других направлениях. Чем сильнее электрическое поле, тем больше приобретаемая носителями составляющая скорости вдоль направления этого поля. В разных полупроводниковых материалах электроны и дырки обладают весьма различными подвижностями. Наиболее низкими подвижностями обладают носители в *органических полупроводниках* (10^{-1}—10^{-11} *см/в · сек*), а наиболее высокими — в *интерметаллических соединениях* (до 10^5 *см/в · сек*).

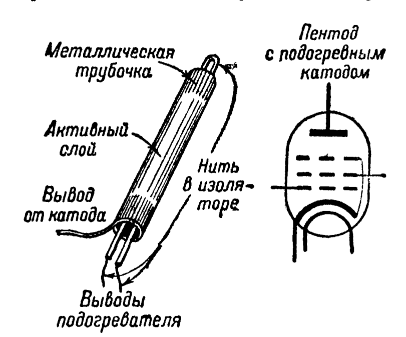
Подводное телевидение — использование телевизионной техники для наблюдения в водной среде. В П. т. применяются специальные *замкнутые телевизионные системы*. Подводная часть содержит герметизированную камеру с чувствительной передающей трубкой, источники направленного освещения для работы ночью или на большой глубине и механизмы дистанционного управления камерой. Питание и управление камерой и канализация сигналов изображения осуществляются по гибкому многожильному кабелю, соединяющему подводную часть с видеоконтрольным устройством и пультом управления на борту корабля.

Из-за большого рассеяния и поглощения света даже в чистой воде дальность видения с помощью П. т. не превышает 20—25 *м*, колеблясь большей частью в пределах 6—15 *м*. В мутной воде, в порту, дальность видения падает до 0,5—1 *м*. Для увеличения дальности служит конусообразный контейнер с чистой проточной водой между камерой и объектом. Чистая вода подается по специальному шлангу.

П.т. является незаменимым средством осмотра подводных частей корабля, портовых сооружений, поиска затонувших судов и т. п.

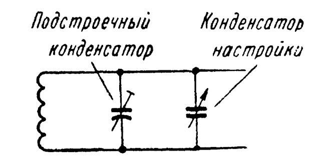
Подогреватель — миниатюрная электрическая печка, сделанная из вольфрамовой проволоки и служащая для накала *подогревного катода*.

Подогревный катод — *катод*, накаливаемый не непосредственно протекающим по нему током, а при



помощи специального *подогревателя*. На подогреватель надета металлическая трубочка, внешняя поверхность которой является *активированным катодом*.

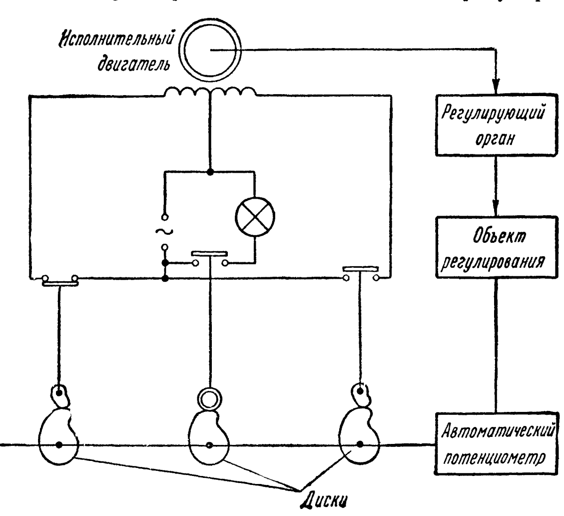
Подстроечный конденсатор — небольшой конденсатор переменной емкости *(полупеременный конденсатор)*, применяемый для выравнивания начальной емкости при



сопряжении контуров. Регулируется только при налаживании приемника, а затем фиксируется. По роду диэлектрика П. к. подразделяются на воздушные, слюдяные и керамические. Иногда П. к. являются составной частью *блока конденсаторов переменной емкости*.

Позиционный регулятор — простейший электронный регулятор с релейными усилителями мощ-

ности. Управление исполнительными устройствами П. р. осуществляется различными реле: электронными, электромагнитными, механическими и т. п. В некоторых случаях, например при автоматическом регулировании температуры небольших электронагревательных печей, у П. р. отсутствуют исполнительные устройства с электродвигателями. П. р. отличаются от *автоматических регуляторов* непрерывного действия тем, что их регулирующие органы имеют ограниченное число фиксированных положений (позиций). В зависимости от числа позиций регуляторы бывают одно-, двух-, трехпозиционные и т. д. У однопозиционных регуляторов регулирующее устройство может устанавливаться в одно из двух крайних положений, благодаря чему поступление регулируемого вещества (или энергии) либо максимально, либо полностью прекращается (регулирование по схеме «включено — выключено»). Если регулирующий орган можно устанавливать в два заранее заданных положения, то такой регулятор называется двухпозиционным. У трехпозиционных регуляторов регулирующий орган может занимать три установленных положения. Автоматические мосты и *потенциометры*, выпускаемые в СССР, имеют встроенные блоки для позиционного регулирования.



На рис. приведена принципиальная схема трехпозиционного регулятора с автоматическим потенциометром. Элементами, при помощи которых настраиваются эти регуляторы, являются профильные диски на выходном валу редуктора двигателя. По профилю диска скользит ролик, связанный с управляющим контактом. Если на валу установить, например, два или три диска, то взаимным сдвигом этих дисков можно изменять настройку регулятора. Нормальным режимом работы П. р. является режим автоколебаний.

Позывной сигнал — условное название радиостанции, позволяющее отличать ее от других радиостанций и вызывать для связи. П. с. радиостанций, как правило, состоят из нескольких (четырех-ше-

сти) букв или цифр. Зная П. с. радиостанции, можно по международным спискам узнать, где она расположена, ее мощность, кому принадлежит и т. п.

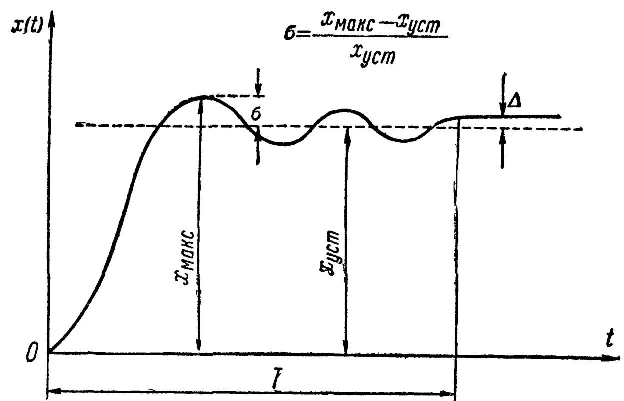
Для любительских радиостанций П. с. регистрируются каждой страной самостоятельно. Они начинаются с так называемого префикса, дающего сведения о стране и районе, в котором находится радиостанция радиолюбителя, и заканчиваются именными буквами, присваиваемыми владельцу радиостанции. Например, П. с. советских радиоспортсменов начинаются с буквы U, что означает Union — «Союз». Вторая буква показывает, на территории какой Союзной республики находится радиостанция (А — РСФСР, В — Украина, С — Белоруссия и т. д.). Третьим знаком в префиксе является цифра, указывающая *коротковолновый район*, в котором расположена радиостанция. После цифры для индивидуальных радиостанций у коротковолновиков следует две именные буквы, у ультракоротковолновиков — три, а у коллективных радиостанций — тоже три, из которых первая обязательно «К», что означает «коллективная». Именные, не повторяющиеся буквы, стоящие после цифры, в определенных сериях закреплены за каждой областью, краем и автономной республикой. Так, Москве и Московской области присвоены позывные от UA3AA до UA3HZ. Так же распределяются П. с. и для коллективных радиостанций.

Аналогично построены позывные и в других странах мира. Например, позывной OKICX говорит о том, что это радиостанция Чехословацкого коротковолновика, расположенная в первом районе страны, в Праге.

Единственным в мире позывным, отличающимся от других, является П. с. любительской радиостанции Героя Советского Союза *Э. Т. Кренкеля.* Ему присвоен П. с. RAEM — радиостанции парохода «Челюскин», раздавленного льдами в Чукотском море в 1934 г.

Поиск — см. *Автоматический поиск.*

Показатели качества регулирования — некоторые характеристики систем автоматического регулирования, определяющие их свойства в переходных процессах при типовых воздействиях. К П. к. р. относят: 1) максимальное отклонение регулируемых параметров от заданных значений *(перерегулирование)*; 2) отклонение регулируемых параметров в установившемся



режиме — ошибка регулирования (при $t \to \infty$ см. рис.); 3) время переходного процесса или время регулирования T, т. е. наименьшее из значений времени от момента приложения воздействия, после которого отклонение регулируемого параметра от установившегося значения имеет заданную малую величину, 4) число колебаний регулируемого параметра в течение времени переходного процесса (колебательность).

Иногда в качестве П. к. р. принимают так называемые частотные показатели, к которым относится, например, показатель колебательности — модуль отношения установившегося выходного отклонения к гармоническому входному сигналу, и частота среза или полоса пропускания.

В тех случаях, когда регулируемая система находится под воздействием случайных возмущений, понятие о переходных процессах теряет смысл. При действии непрерывных случайных процессов для оценки качества систем автоматического управления вводят ряд статистических характеристик входных и выходных отклонений (математическое ожидание, дисперсию и т д.)

Показатель поглощения — количественная характеристика поглощения волн при распространении их в поглощающей среде. Уменьшение амплитуды волны вследствие поглощения происходит по показательному закону:

$$A = A_0 e^{-\varkappa r},$$

где $\varkappa$ — П. п.; A — амплитуда волны в точке, лежащей на расстоянии r от точки, где амплитуда волны равна A_0; $e = 2{,}7$ — основание натуральных логарифмов. Таким образом, при $\varkappa r = 1$ амплитуда убывает в 2,7 раза и, следовательно, $\varkappa$ есть величина, обратная тому расстоянию, на котором амплитуда волны убывает в 2,7 раза. Поэтому П. п. имеет размерность, обратную длине, и выражается в обратных метрах или обратных километрах.

Поле — часть телевизионного кадра, передаваемая нечетными (или четными) строками при *чересстрочной развертке.*

«Полевой день» —ежегодно проводимые с 1956 г. летние соревнования ультракоротковолновиков на призы журнала «Радио». Участники этих соревнований располагаются со своими радиостанциями на полях, в горах и лесах, где отсутствуют различные промышленные помехи и значительно легче установить дальние связи. Во время соревнований проводятся массовые эксперименты с большим количеством радиостанций, расположенных в различных пунктах страны. Соревнования проводятся в течение суток. Условия работы в этих соревнованиях способствуют установлению рекордов. Не случайно «Полевой день» завершается «*Неделей рекордов*», которую начали проводить с 1963 г.

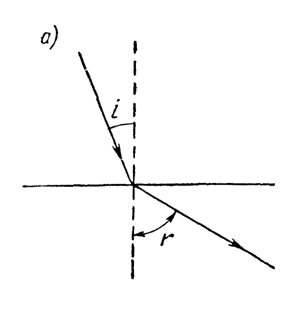
Полевой транзистор — см. *Канальный транзистор.*

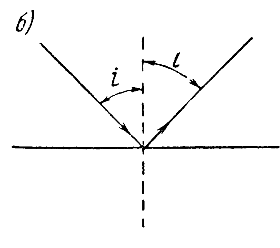
Полная проводимость (электрической цепи) — величина, обратная полному сопротивлению Z цепи:

$$G = \frac{1}{Z}.$$

Полное внутреннее отражение — отражение волн, возникающее на границе двух различных сред в том случае, когда скорость распространения волны в первой среде (из которой она приходит) v_1 меньше, чем во второй v_2, и угол падения волны на границу двух сред достаточно велик *Преломление волн* в указанном случае, когда относительный показатель преломления $n_{12} = \frac{v_1}{v_2} < 1$, происходит так, что направление распространения волны отклоняется от нормали к границе, т. е угол преломления r больше угла падения i (см рис. a). При достаточно большом угле па-

дения, превышающем некоторое критическое значение $i_к$, угол преломления должен стать больше 90°. Тогда волна во вторую среду не проникает, а отражается от границы по закону зеркального отра-





жения: угол падения i равен углу отражения l (см. рис. *б*). Это явление и называется П. в. о. Критическое значение угла падения $i_к$ тем меньше, чем меньше значение относительного коэффициента преломления n_{12}, т. е. чем больше скорость v_2 по сравнению с v_1.

Полное сопротивление — общее сопротивление переменному току цепи, обладающей как активным, так и *реактивным сопротивлением*. Поскольку напряжение на активном сопротивлении находится в фазе с током, а между напряжением на реактивном сопротивлении и током существует сдвиг фаз в $\pm$ 90° (знак зависит от того, преобладает ли индуктивное или емкостное сопротивление), то между напряжениями на включенных последовательно активном и реактивном сопротивлениях также существует сдвиг фаз в $\pm$ 90°. Поэтому в данном случае полное напряжение в цепи

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_r^2} = I\sqrt{r^2 + x^2},$$

где U_a и U_r — напряжения на активном (r) и реактивном (x) сопротивлениях; I — ток в цепи.

Приведенное соотношение легко доказывается с помощью *векторных диаграмм*. П. с. цепи Z равно U/I и, следовательно,

$$Z = \sqrt{r^2 + x^2},$$

или, так как реактивное сопротивление

$$x = \omega L - \frac{1}{\omega C},$$

где ω — угловая частота тока, то

$$Z = \sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}.$$

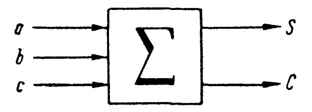
Таким образом, для последовательной цепи П. с. Z, вообще говоря, больше ее активного сопротивления r. Только в случае *резонанса*, когда реактивное сопротивление цепи обращается в нуль, ее П. с. становится равным активному, т. е. достигает минимума, и ток в цепи совпадает по фазе с напряжением. Если же реактивное сопротивление в цепи не равно нулю, то между током и напряжением существует сдвиг фаз, знак которого зависит от знака реактивного сопротивления. В этом случае говорят, что сопротивление цепи носит комплексный характер.

Для параллельного соединения активных и реактивных сопротивлений П. с. определяется по законам параллельного включения, но с учетом сдвига фаз между токами в ветвях. При параллельном включении емкости и индуктивности изменение П. с. в зависимости от частоты противоположно тому, которое происходит при последовательном включении. В частности, при *параллельном резонансе*. П. с.

цепи достигает максимального значения, а не минимального, как в последовательной цепи.

Полный сигнал изображения — сигнал телевизионного изображения вместе с *гасящими импульсами* и импульсами *синхронизации*. Модуляция телевизионных радиопередатчиков осуществляется П. с. и.

Полный сумматор — *логическая схема*, реализующая операцию сложения в одном разряде. П. с. имеет три входа и два выхода. На входы



одновременно поступают цифры данного разряда первого (*a*) и второго (*b*) слагаемых и цифра переноса (*c*) из предыдущего разряда; на одном из выходов образуется цифра суммы *S*, на другом — цифра переноса *C*. Двоичный П. с. работает в соответствии с таблицей:

a	*b*	*c*	*S*	*C*
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

В *арифметических устройствах* параллельного действия *сумматор* состоит из *n* одноразрядных сумматоров, где *n* — число разрядов вместе с разрядами знака. В арифметических устройствах последовательного действия сумматор состоит из одноразрядной схемы П. с. и линии задержки любого вида.

Полный цветовой сигнал — сигнал цветного изображения, состоящий из сигнала яркости, двух цветоразностных сигналов, *гасящих импульсов* и импульсов *синхронизации*, а также сигнала *вспышки* или других импульсов для синхронизации сигналов цветности (см. *Совместимая система цветного телевидения)*.

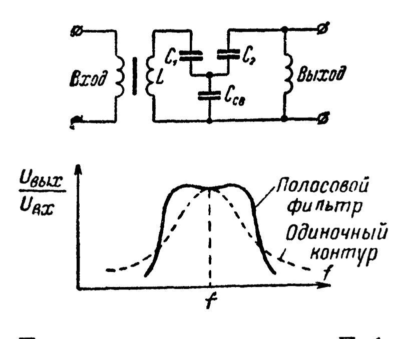
Положительная обратная связь — см. *Обратная связь*.

Полоса пропускания — полоса частот колебаний, пропускаемых приемником, усилителем и т. п. Всякие радиосигналы представляют собой *модулированные колебания*, содержащие *спектр* гармонических колебаний различных частот, занимающих определенную полосу частот (тем более широкую, чем выше наибольшая частота модуляции). Соответственно приемное устройство должно обладать определенной П. п. Чтобы сигналы принимались без искажений, все боковые колебания должны проходить без заметного ослабления. Поэтому чем выше частота модуляции, тем шире должна быть П. п. приемника. Например, для удовлетворительного приема радиовещательных программ П. п. радиоприемников должна быть не менее 4—5 *кгц*. Гораздо более широкую П. п. — порядка нескольких мегагерц — должны иметь телевизионные приемники.

Приемники коротких волн должны иметь достаточно широкую П. п. еще и потому, что несущая частота принимаемой станции может изменяться в некоторых пределах. Может также несколько изменяться и настройка приемника, особенно если он работает по принципу *супергетеродина*. Чтобы от этого принимаемые сигналы не выпадали из настройки, П. п. приемника не должна быть слишком узкой. Это требование существенно на коротких и особенно на ультракоротких волнах, потому что уходы частоты передатчика и приемника могут далеко выходить за пределы П. п., необходимой для передачи сигналов (при данной относительной

расстройке абсолютный уход частоты тем больше, чем выше несущая частота).

Полосовой фильтр — цепь, состоящая из двух или большего числа связанных *колебательных контуров* и обладающая более выгодной формой кривой резонанса, чем одиночный контур (см. рис.).



По сравнению с последним П. ф. имеет кривую резонанса, более близкую к прямоугольной (более «столообразную»), и поэтому он более равномерно пропускает боковые частоты модулированного сигнала. П. ф. применяются, главным образом, для связи между каскадами в усилителях промежуточной частоты *супергетеродинов*.

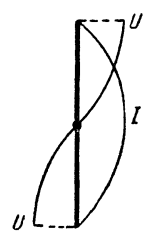
Полуволновая линия — отрезок *длинной линии*, длина которого l равна половине длины волны λ, соответствующей частоте питающего П. л. тока:

$$l = \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2\nu},$$

где v — скорость распространения волн в линии, а ν — частота тока.

Если П. л. на обоих концах разомкнута (либо замкнута накоротко), т. е. практически, если сопротивления на концах П. л. соответственно велики (или малы) по сравнению с ее *волновым сопротивлением*, то она представляет собой колебательную систему, настроенную в резонанс с частотой питающего тока. Этими же свойствами обладает линия длиной в целое число полуволн. В таком виде П. л. используются на сверхвысоких частотах в качестве резонансных систем, добротность которых может быть сделана значительно более высокой, чем *добротность колебательного контура*. Кроме того, П. л. применяются для создания сдвигов фаз, равных π, например в антенно-фидерных устройствах.

Полуволновый вибратор — *вибратор*, длина которого равна половине длины волны возбуждаемых в нем колебаний.



Стоячие электромагнитные волны, устанавливающиеся в П. в., имеют пучности напряжения на его концах и пучность тока в его средней точке (см. рис.). П. в. широко применяется в качестве простейшей антенны, а также в качестве элемента сложных антенн для коротких и ультракоротких волн. Когда антенна представляет собой один П. в., то передатчик или приемник чаще всего включается (непосредственно или через фидерную линию) в разрыв провода по середине вибратора. В антеннах, состоящих из многих П. в., питающие фидеры часто подводятся к соседним концам двух смежных П. в., служащих продолжением один другого.

Полупостоянное запоминающее устройство — *постоянное запоминающее устройство*, в котором *накопитель* сконструирован таким образом, что имеется возможность сравнительно легко заменять всю или часть хранимой информации. Например, в ряде П. з. у. носителем информации является карта из плотной бумаги или какого-нибудь иного подходящего изолирующего материала. Замена информации здесь легко производится путем замены карт. Имеется П. з. у.,

в котором запись информации в накопитель осуществляется установкой ферритовых стержней с помощью пневматического устройства, управляемого посредством перфокарт.

Полупроводники — материалы, электропроводность которых имеет промежуточное значение между электропроводностью проводников и диэлектриков К П. относится обширная группа природных и синтетических веществ различной химической природы, твердых и жидких, с различными механизмами электропроводности. Наиболее важными П. в современной технике являются так называемые электронные П , электропроводность которых обусловлена движением электронов. Однако, в отличие от металлических проводников, концентрация свободных электронов (по крайней мере в отсутствие посторонних примесей) в П. очень мала и возрастает с повышением температуры, чем объясняется их пониженная электропроводность и специфическая зависимость их удельного сопротивления от температуры если у металлических проводников при нагревании электрическое сопротивление повышается, то у полупроводников оно понижается. Увеличение концентрации свободных электронов с повышением температуры объясняется тем, что с увеличением интенсивности тепловых колебаний атомов П. все большее количество электронов срывается с внешних оболочек этих атомов и получает возможность перемещаться по объему П. Освобождение электронов в П. может происходить также под влиянием иных видов энергии: при освещении, радиоактивном облучении и др В переносе электричества через П , помимо свободных электронов, могут принимать участие места, освободившиеся от перешедших в свободное состояние электронов, так называемые дырки (см. *Дырочная проводимость*). Поэтому и свободные электроны и дырки называют носителями электрического заряда, причем дырке приписывают положительный заряд, по величине равный заряду электрона В чистом, или «собственном» П. образование свободных электронов и дырок происходит одновременно, парами, а потому концентрации электронов и дырок одинаковы. Введение же в П определенных примесей (даже в ничтожном количестве) способно привести к увеличению концентрации носителей одного знака по сравнению с концентрацией носителей другого знака и сильно повысить электропроводность. Это происходит при условии, что на внешней оболочке атомов примеси находится на один электрон больше (донорные примеси) или на один электрон меньше (акцепторные примеси), чем у атомов исходного П. В первом случае примесные атомы (доноры) легко отдают лишний электрон, а во втором (акцепторы)— забирают недостающий электрон от атомов П., создавая дырку Для наиболее распространенных П. — германия и кремния, являющихся четырехвалентными химическими элементами, донорами служат пятивалентные вещества (фосфор, мышьяк, сурьма), а акцепторами — трехвалентные (бор, алюминий, индий). В зависимости от преобладающего типа носителей примесные П. делят на П. электронного (n-типа) и дырочного (p-типа) типов. Все эти особенности П. более строго объясняет *зонная теория*.

Сильная зависимость электропроводности П. от различных внешних воздействий служит основой разнообразных технических приборов. Так, уменьшение сопротивления П. с ростом температуры используется в температурночувствительных сопротивлениях — *термисторах*, уменьшение сопротивления при освещении — в *фотосопротивлениях* Появление э. д. с. при прохождении тока через

П., помещенный в магнитное поле (*эффект Холла*), применяется для измерения магнитных полей, мощности и др.

Особенно ценными свойствами обладают неоднородные П. (с изменяющейся от одной части объема к другой проводимостью), а также контакты разных П. между собой и П. с металлами. Возникающие в таких системах эффекты наиболее ярко проявляются у *электронно-дырочных переходов* (*p* — *n* переходов). Использование *p* — *n* переходов лежит в основе действия многих полупроводниковых приборов: *транзисторов*, *полупроводниковых диодов*, *вентильных фотоэлементов*, *термоэлектрических генераторов* и *холодильников*, *солнечных батарей* и др.

Полупроводниковые выпрямители — общее название полупроводниковых приборов, предназначенных для преобразования переменного тока в постоянный, и выпрямительных устройств, использующих такие приборы. От выпрямителей с электронными лампами и ионными приборами П. в. отличаются высоким к. п. д., долговечностью, мгновенной готовностью к действию (благодаря отсутствию нагреваемых катодов), малыми размерами Типичными П. в. являются кремниевые и германиевые силовые диоды (см. *Полупроводниковые диоды*), *меднозакисные выпрямители*, *селеновые выпрямители*. В последние годы начинают находить применение кремниевые *управляемые полупроводниковые выпрямители*, заменяющие *тиратроны*, *игнитроны* и другие управляемые ионные выпрямители.

Полупроводниковые диоды — двухэлектродные полупроводниковые приборы, включающие в себя *электронно-дырочный переход*. Основное свойство П. д. — односторонняя проводимость, присущая *p* — *n* переходу и позволяющая применять П. д. в качестве выпрямителей переменного тока.

Прообразом современных П. д. был кристаллический детектор, состоявший из кристаллика того или иного вещества (карборунда, цинкита и др.) и металлической пружинки, острие которой прижималось к поверхности кристалла (см. рис. *а*). Эффект выпрямления у таких детекторов сильно зависел от выбранной точки соприкосновения пружинки с кристаллом и отличался большой неустойчивостью, что требовало периодических поисков «чувствительной» точки. В современных точечных П. д. (см.

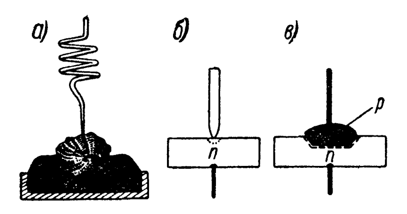


рис. *б*) используются пластинки, вырезанные из кристаллов германия или кремния, а контакт металлической иглы с полупроводником подвергается особой электрической формовке. Эти меры наряду с применением герметической оболочки (стеклянной, керамической или металлической) обеспечивают большую стабильность и долговечность точечных П. д. Помимо детектирования радиосигналов всех частот вплоть до десятков тысяч мегагерц, точечные П. д. применяются для преобразования частоты, в измерительной радиоаппаратуре и для других целей.

Наиболее обширную группу П. д. образуют плоскостные диоды, в которых электронно-дырочный переход создается теми же методами, что и в плоскостных транзисторах: вплавлением примесей (см. *Сплавные транзисторы*), электролитическим осаждением (см. *Поверхностно-барьерные транзисторы* и *Микросплавные транзисторы*) или путем диффузии примесных

веществ в объем исходной пластинки (см. *Диффузионно-сплавные транзисторы*).

На рис. *в* изображен наиболее распространенный тип плоскостного диода — сплавной. *Барьерная емкость* у плоскостных диодов обычно получается больше, чем у точечных, поэтому их применение ограничивается более низкими частотами (специальные высокочастотные типы микросплавных П. д. работают на частотах до сотен мегагерц). В зависимости от площади $p — n$ перехода и сопротивления исходного полупроводника плоскостные П. д. могут работать в качестве выпрямителей самых различных токов и напряжений, начиная от детектирования слабых радиосигналов, кончая выпрямлением переменного тока промышленной частоты при напряжениях в сотни и тысячи вольт и токах в десятки и сотни ампер. Наиболее мощные (силовые) П. д. зачастую требуют принудительного охлаждения (воздушного или водяного).

П. д. применяются также для многих других целей, в том числе для селекции импульсов определенной полярности (см. *Импульсные диоды*), для стабилизации напряжения (см. *Кремниевый стабилитрон*), в качестве управляемой емкости (см. *Варикап*) и др. Особыми разновидностями П. д. являются *переключающие диоды* с тремя $p — n$ переходами, *двухбазовые диоды* и *туннельные диоды* — все они обладают вольт-амперными характеристиками с участком отрицательного сопротивления. См. также *Фотодиоды* и *Обращенные диоды*.

Полупроводниковые приборы — общее название различных электронных приборов, основанных на использовании свойств *полупроводников*.

Полупроводниковый триод — см. *Транзистор*

Полупроводниковый шум — дополнительные электрические флуктуации в полупроводнике, повышающие напряжение собственного шума сверх уровня, свойственного металлическому проводнику с таким же сопротивлением, что и данный полупроводник (при одинаковой температуре). П. ш., называемый также избыточным шумом, обязан своим происхождением процессам на поверхности полупроводника и сильно зависит от способов ее обработки и состояния (см. *Поверхностные явления*). В отличие от обычного теплового шума интенсивность П. ш. различна на разных частотах и в области низких частот обратно пропорциональна частоте, в связи с чем П. ш. часто называют компонентой типа $1/f$. П. ш. является причиной повышенного коэффициента шума транзисторов на частотах ниже 500—1000 *гц*.

Полусумматор — *логическая схема*, реализующая суммирование по модулю 2. П. осуществляет двоичное сложение в соответствии с таблицей значений $A \oplus B = C$, где знаком $\oplus$ обозначено суммирование по модулю 2:

A	*B*	*C*
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Иными словами, П. осуществляет суммирование без переносов. Схема П. эквивалентна схеме, реализующей логическую операцию «ИЛИ — исключительное»: $\bar{x}y \vee x\bar{y}$. П. иногда называется сумматором на два входа, в отличие от сумматора на три входа, или *полного сумматора*.

Полутоновая характеристика — зависимость уровня яркости изображения протяженного объекта от яркости самого объекта. П. х. те-

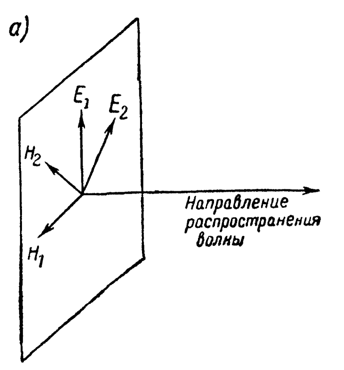
левизионной системы не является фиксированной, ибо легко изменяется с помощью *гамма-коррекции*.

Полый резонатор — то же, что *объемный резонатор*.

Поляризация гальванических элементов — уменьшение э. д. с. гальванического элемента при его работе вследствие выделения водорода на положительном электроде. Для устранения П. г. э. применяются специальные деполяризаторы.

Поляризованное реле — *электромагнитное реле* с постоянно намагниченным сердечником электромагнита. Вследствие этого при одном направлении тока в обмотке электромагнита притяжение якоря реле усиливается, а при другом направлении — ослабевает. При разных направлениях тока якорь реле движется в разные стороны и занимает различные положения.

Поляризованные электромагнитные волны — электромагнитные волны, у которых векторы напряженности электрического и магнит-

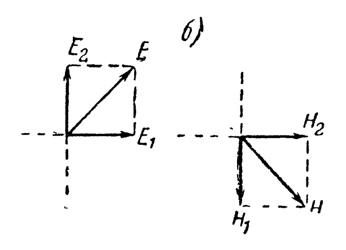


ного полей сохраняют неизменными или периодически изменяют по определенному закону свои направления в пространстве. Электромагнитные волны являются *поперечными волнами*, т. е. их электрическое и магнитное поля всегда направлены перпендикулярно направлению распространения волны и вместе с тем перпендикулярны друг другу. Но в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны, электрическое и магнитное поля, оставаясь взаимно перпендикулярными, могут иметь различные направления. Для примера на рис. *а* приведены два из бесконечного множества возможных направления электрического (E_1 и E_2) и соответствующего магнитного (H_1 и H_2) полей в волне. Начальные направления векторов E и H определяются свойствами излучателя волны. В дальнейшем при распространении волны направления E и H могут изменяться.

В зависимости от условий возникновения и распространения электромагнитных волн направления векторов E и H могут либо сохраниться неизменными, либо вращаться с угловой скоростью, равной угловой частоте волны, либо изменяться нерегулярно, хаотически. В первом случае волны плоско поляризованы, во втором — эллиптически поляризованы, в третьем — не поляризованы. Нерегулярное изменение направлений векторов E и H может происходить в том случае, когда электромагнитные волны излучаются многими не связанными между собой и поэтому некогерентными (см. *Когерентность волн*) излучателями, например при излучении электромагнитных волн нагретыми телами. Волны эти оказываются неполяризованными, или, как их называют иначе, естественными. При эллиптической поляризации векторы E и H, вообще говоря, не только вращаются, но и изменяют свою величину. Частный случай, когда векторы E и H вращаются, не изменяя своей величины, называется *круговой поляризацией электромагнитных волн*.

Всякую электромагнитную волну, электрическое и магнитное поля которой имеют напряженности, изображаемые векторами E и H (см. рис. *б*), можно разложить на две

плоско поляризованные волны с векторами E_1 и E_2 (и соответственно H_1 и H_2), причем E_1 и E_2, H_1 и H_2 перпендикулярны друг другу. В случае разложения неполяризованной волны, так как все направления E в этой волне равновероятны, его проекции на два взаимно перпендикулярных направления, т. е. векторы E_1 и E_2,



имеют одинаковую амплитуду, но сдвиг фаз между ними изменяется хаотически и может принимать всевозможные значения. В таком случае волны, электрические поля которых имеют напряженности, изображаемые векторами E_1 и E_2, некогерентны между собой.

В случаях П. э. в. вектор E имеет либо неизменное направление, либо вращается с угловой скоростью, равной угловой частоте волны. При этом между амплитудами и фазами проекций этого вектора на два взаимно перпендикулярных направления, т. е. между амплитудами и фазами векторов E_1 и E_2, существуют вполне определенные соотношения, которые и определяют характер поляризации волн.

При отражении, преломлении и рассеянии радиоволн, а также при распространении их в ионосфере (в последнем случае из-за наличия магнитного поля Земли) может изменяться соотношение между амплитудами и фазами векторов E_1 и E_2, т. е. изменяться характер поляризации волн. В некоторых случаях (например, при отражении от неровной поверхности или сильном *рассеянии волн*) изменение соотношений между фазами векторов E_1 и E_2 может носить нерегулярный характер. Если при этом сдвиг фаз между векторами E_1 и E_2 меняется хаотически, но в небольших пределах около некоторой средней величины, так что преобладает определенное значение сдвига фаз, то такую волну можно рассматривать как сочетание двух волн — плоско поляризованной и неполяризованной; в результате хаотического, но в небольших пределах изменения сдвига фаз между векторами E_1 и E_2 происходит частичное нарушение когерентности волн и частичная деполяризация П. э. в. Если же нерегулярные изменения соотношений между фазами E_1 и E_2 столь велики, что сдвиг фаз может иметь всевозможные значения, то П. э. в. превращается в неполяризованную: в результате полного нарушения когерентности двух волн, которым соответствуют векторы E_1 и E_2, происходит полная деполяризация П. э. в.

Поляризованный электромагнит — см. *Электромагнит.*

Полярная диаграмма направленности антенны — см. *Диаграмма направленности антенны.*

Полярная характеристика источников и приемников звука — см. *Направленность источников и приемников звука.*

Помехи — дополнительные сигналы, воздействующие на системы связи и автоматические системы вместе с основными сигналами. П., накладываясь на основные сигналы, искажают их, вызывая дополнительные погрешности, шумы, ложную отработку и т. д. П. можно разделить на детерминированные и случайные. Детерминированные П. могут быть каким-либо образом учтены и устранены. Случайные П., порождаемые флуктуациями, принципиально не могут быть устранены. Обычно такие П. имеют статистические характеристики, близкие к характеристике

белого шума, который имеет неограниченный спектр и мешает на всех частотах.

К одной из качественных характеристик автоматических систем и систем связи относится помехоустойчивость, которую можно определить как надежность передачи сигналов при заданных помехах. Эффективным способом повышения помехоустойчивости является применение для передачи сигналов различных видов *модуляции*. Другой способ состоит в применении метода накопления, который заключается в многократном повторении сигнала. Несколько принятых экземпляров сигнала оказываются по-разному искаженными помехами. Поэтому, сличая различные сигналы, можно по каким-либо признакам исключить влияние П. Если сигнал и П. — случайные процессы, обладающие различными случайными характеристиками, то применяют квантование, обеспечивающее периодичность сигнала в течение некоторого конечного промежутка времени (приближенную периодичность, почти периодичность и т. д.).

Периодические сигналы и некоторые типы случайных сигналов (например, стационарные случайные) можно отфильтровать от П. специальными фильтрами. В таких фильтрах используется обстоятельство, что П. (белый шум) однородна и характеризуется постоянной мощностью, приходящейся на единицу ширины полосы частот, а периодический сигнал имеет дискретный спектр. Стационарный случайный сигнал имеет узкополосный спектр, сосредоточенный в ограниченной полосе частот. Поэтому фильтр должен пропускать узкие полосы частот, включающие в себе частоты периодических или стационарных случайных сигналов.

Помехоустойчивость автоматических систем может быть повышена применением *оптимальных фильтров*. Для обнаружения очень слабых периодических сигналов используют синхронное накопление, для чего необходим специальный синхронный коммутатор, период обращения которого в точности равен периоду сигнала. Накопление очень слабых сигналов может быть выполнено также при помощи интегрирующих устройств. При передаче дискретных закодированных сигналов эффективным средством повышения помехоустойчивости является применение *корректирующих кодов*, которые благодаря своей структуре обеспечивают возможность обнаружения и исправления ошибок, возникающих из-за помех. При этом повышение помехоустойчивости достигается за счет увеличения длительности сигнала или расширения его спектра.

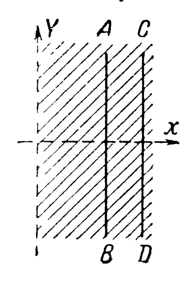
Помехи акустические — см. *Акустические помехи.*

Помехи радиоприему — различные электромагнитные воздействия, накладывающиеся на принимаемые сигналы и в той или иной мере затрудняющие или искажающие радиоприем. П. р. можно разделить на два основных класса: естественные, к которым относятся *атмосферные помехи* и помехи, создаваемые *космическим радиоизлучением*, и искусственные («промышленные») помехи, к которым относятся электромагнитные возмущения, создаваемые различного рода электрическими устройствами, работа которых сопровождается излучением электромагнитных волн. Если в спектре излучаемых устройством электромагнитных волн достаточно сильно представлены составляющие, близкие к частоте, на которую настроен приемник, а в случае *супергетеродинов* также и составляющие, близкие к промежуточной частоте приемника, то работа этого устройства вызывает П. р.

Если же спектр помехи занимает широкую полосу частот, внутри которой лежит полоса частот принимаемой станции, то подавление

помехи в приемнике оказывается невозможным. Но борьба с П. р. возможна и в месте их возникновения, путем экранирования устройств, которые являются источниками П. р., установки в этих устройствах специальных фильтров и т. д.

Поперечная волна — волна, распространяющаяся в направлении, перпендикулярном плоскости, в которой происходят колебания частиц среды в случае упругой волны или в которой лежат электрический и магнитный векторы в случае *электромагнитной волны*.



Упругие волны могут распространяться в виде П. в. в твердых телах, а в жидкостях и газах они распространяются только в виде *продольной волны*. Это обусловлено тем, что в жидкостях и газах при смещении элементов тела (жидкости или газа) упругие силы, действующие со стороны данного элемента тела на соседние, изменяются лишь в том случае, когда объем элемента тела изменяется. Например, когда слой, лежащий справа от плоскости AB (см. рис.), начинает двигаться в направлении оси x, то объем элемента тела, заключенного между плоскостями AB и CD, уменьшается, и со стороны этого объема через плоскость CD на соседний справа элемент тела действует избыточная сила давления, которая заставляет его двигаться также в направлении оси x, т. е. в направлении смещения слоя, прилегающего к плоскости AB справа. При этом упругий импульс распространяется в том же направлении x, в котором произошло смещение слоя, прилегающего к плоскости AB. В твердых телах при смещении в направлении y слоя, ограниченного плоскостями AB и CD, со стороны этого слоя на прилегающие слои (слева от AB и справа от CD) действуют упругие силы также в направлении y, которые приводят прилегающие слои в движение в направлении y. Таким образом, движение частиц в направлении y передается от слоя к слою в направлении x, т. е. в виде П. в. (в жидкостях и газах такие силы, действующие в направлении y, отсутствуют, и поэтому движение слоя, прилегающего к AB в направлении y, не передавалось бы соседним слоям, лежащим в направлении x).

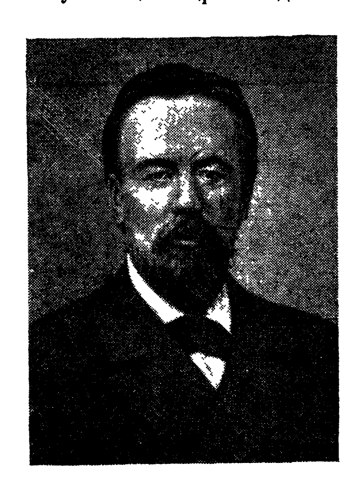
Электромагнитное поле в свободном пространстве может распространяться только в виде П. в. Однако в некоторых случаях, например в *волноводах*, в электромагнитной волне имеются составляющие электрического или магнитного поля, направленные вдоль распространения волны. В этом случае электромагнитная волна не является чисто П. в.

П. в., распространяющиеся по одному и тому же направлению, могут различаться направлением колебаний (или направлением электрических и магнитных полей) в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны. С этими различиями связано существование *поляризованных электромагнитных волн*.

В продольных волнах явления поляризации невозможны, так как направление колебаний совпадает с направлением распространения волны, никаких различий в характере волны в направлениях, перпендикулярных направлению распространения, быть не может, и все направления в плоскостях, перпендикулярных направлению распространения волны, совершенно «равноправны».

Попов Александр Степанович (1859—1906) — великий русский ученый, изобретатель радио. Родился 16 марта 1859 г. в Турьин-

ских рудниках (ныне г. Краснотурьинск Свердловской области). Окончил в 1882 г. физико-математический факультет Петербургского университета. С 1883 г. в течение 18 лет преподавал физику и электротехнику в Минном офицерском классе и Морском техническом училище в Кронштадте.



7 мая 1895 г. на заседании Русского физико-химического общества П. выступил с докладом и демонстрацией построенного им первого в мире радиоприемника. Этот день вошел в историю мировой науки как день рождения радио.

В дальнейшем П. проводил опыты по беспроволочному телеграфированию на Кронштадтском рейде на судах Балтийского флота и летом 1897 г. достиг дальности радиосвязи в 5 *км*. Во время этих опытов П. обнаружил, что электромагнитные волны отражаются от кораблей, и на этом основании указал на возможность практического использования этого явления и дал отправные идеи для современной радиолокации.

В 1899 г. П. сконструировал радиоприемник, в котором был впервые осуществлен прием на слух, что позволило значительно увеличить дальность радиосвязи. В следующем году он осуществил связь на расстоянии 45 *км* между о. Гогланд в Балтийском море и окрестностями г. Котки в Финляндии, обслуживая спасательную экспедицию по снятию с камней броненосца «Генерал-адмирал Апраксин». Первая в мире практическая линия радиосвязи начала свою работу радиограммой, переданной П. на о. Гогланд 6 февраля 1900 г., с приказанием ледоколу «Ермак» оказать помощь рыбакам, унесенным в море. Приказ был выполнен и 27 рыбаков были спасены.

Продолжая успешные опыты по увеличению дальности радиосвязи на море, П. одновременно создал первые армейские радиостанции и провел работы, доказавшие возможность применения радио в сухопутных войсках и в воздухоплавании. П. положил начало отечественной радиопромышленности созданием Кронштадтских радиомастерских; он активно пропагандировал свое изобретение, учитывая его общенародное значение.

В последние годы жизни П. был профессором и первым выборным директором Петербургского электротехнического института; он всеми силами защищал студенчество от репрессий царского правительства. Скончался 13 января 1906 г. от кровоизлияния в мозг.

Порог генерации — см. *Регенератор.*

Порог слышимости — минимальная величина эффективного *звукового давления*, создающая слуховое восприятие. П. с. зависит от частоты воспринимаемых *звуковых колебаний*, а на некоторых частотах (называемых инфра- и ультразвуковыми) отсутствует при любых звуковых давлениях. Стандартным называется П. с. на частоте звукового колебания 1000 *гц*, что соответствует звуковому давлению 2×10^{-4} *бар*. Наименьшим порогом слышимости человеческое ухо об-

ладает на частотах порядка 3000 *гц*, а на частоте 50 *гц* П. с. возрастает на 40 *децибел*.

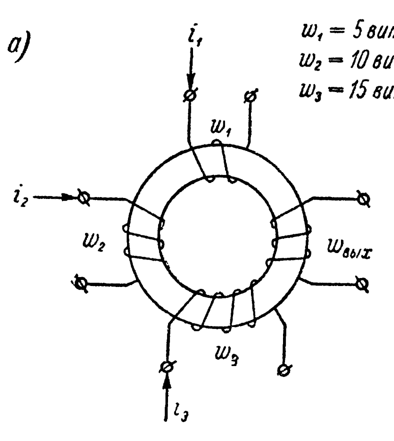
Пороговая схема (элемент) — схема (или элемент), реализующая так называемую пороговую функцию

$$y = \operatorname{sign}\left(\sum_j \alpha_j x_j - \gamma\right), \quad (1)$$

где x_j — входные переменные, могущие принимать только значения нуль и единица;
α_j — весовые множители;
γ — порог (физическая величина, которая сравнивается с суммой входных воздействий $\sum_j \alpha_j x_j$);

$$y = \begin{cases} 0 \text{ при отрицательной правой части (1),} \\ 1 \text{ при положительной правой части (1).} \end{cases}$$

Таким образом, уравнение (1) отражает тот факт, что пока сумма входных воздействий не превышает порога, y имеет значение, равное нулю, а когда эта сумма больше по-



$w_1 = 5$ *вит* ; $i_1 = 100$ *ма*
$w_2 = 10$ *вит.* ; $i_2 = 80$ *ма*
$w_3 = 15$ *вит.* ; $i_3 = 60$ *ма*

рога, y принимает значение, равное единице.

Рассмотрим пример воплощения пороговой схемы на сердечнике из ферромагнитного материала с прямоугольной петлей гистерезиса (см. рис. *а* и *б*). Если $\alpha_1 = i_1 w_1$, $\alpha_2 = i_2 w_2$, $\alpha_3 = -i_3 w_3$, то

$$\left(\sum_j \alpha_j x_j - \gamma\right) = 500 + 800 - 900 - 500 = -100 \text{ ма},$$

б) Ф I Порог γ=500ма Рабочая точка

Значит, согласно (1), $y = 0$. Если же $\alpha_1 = i_1 w_1$, $\alpha_2 = -i_2 w_2$, $\alpha_3 = i_3 w_3$, то правая часть уравнения (1) имеет величину

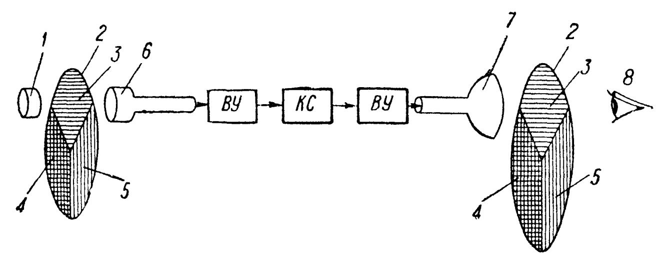
$$500 - 800 + 900 - 500 = +100 \text{ ма},$$

и пороговая функция y принимает значение, равное единице. В первом случае сердечник, находившийся в рабочей точке (см. рис. *б*), не перемагничивался, и в выходной обмотке нет импульсов. Во втором случае сумма ампервитков входных обмоток получилась больше порога, задаваемого коэрцитивной силой материала, и в выходной обмотке возник импульс перемагничивания.

Пороговые функции могут быть реализованы также на *параметроне*, реле с несколькими обмотками и других устройствах

Последовательная система цветного телевидения — система цветного телевидения с последовательной передачей цветовых сигналов (см. рис.). Получили применение системы с последовательной (поочередной) передачей цветовых полей — *цветоделенных изображений*.

Между объективом и передающей электронно-лучевой трубкой П. с. ц. т. размещается вращающийся диск с тремя светофильтрами: красным, зеленым и синим. На выходе передающей трубки последовательно возникают сигналы цветоделенных изображений. Между экраном *кинескопа* с белым свечением люминофора, содержащим лучи всего видимого спектра, и наблюдателем размещается диск со



1 — объектив; *2* — диски со светофильтрами; *3* — красный светофильтр; *4* — зеленый; *5* — синий, *6* — передающая трубка; *7* — кинескоп с белым свечением экрана; *8* — глаз наблюдателя; *ВУ* — видеоусилитель; *КС* — канал связи.

светофильтрами, аналогичный диску на передающей стороне. Оба диска вращаются синхронно и синфазно. В результате достаточно быстрого вращения дисков цветоотделенные изображения складываются зрительным анализатором в одно цветное. При этом за время каждого оборота диска осуществляются три цикла развертки.

П. с. ц. т. требует в два-три раза более широкой полосы частот канала связи, чем черно-белая передача. При этом *совместимость* с черно-белым телевизионным вещанием отсутствует. Преимущества П. с. ц. т. — простота и применимость обычных передающих и приемных трубок. Эти преимущества позволили использовать П. с. ц. т. для построения *замкнутых систем* для учебных целей в хирургии и т. п.

Последовательное включение проводников — включение, при котором один и тот же ток протекает через все проводники. Если последовательно включены проводники, имеющие активные сопротивления $R_1, R_2, R_3, \ldots$, то общее сопротивление составленной из них цепи равно:

$$R = R_1 + R_2 + R_3, \ldots.$$

При последовательном включении конденсаторов с емкостями C_1, C_2, C_3, ..., учитывая, что *емкостные сопротивления* $x_c = 1/\omega C$ при П. в. складываются, найдем, что общая емкость всей цепи C определяется выражением:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots,$$

т. е. общая емкость цепи меньше, чем самая меньшая из включенных последовательно емкостей.

Наконец, при последовательном включении катушек с индуктивностями L_1, L_2, L_3, ..., не имеющих *взаимной индуктивности*, учитывая, что *индуктивные сопротивления* $x_L = \omega L$ при П. в. складываются, найдем общую индуктивность цепи:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots.$$

Последовательный резонанс — см. *Резонанс*.

Послесвечение — свойство люминесцирующего материала экрана электронно-лучевой трубки продолжать светиться и после прекращения его бомбардировки электронами. Временем П. называют время,

в течение которого яркость свечения падает до 1% от начального значения. У различных материалов время П. весьма различно. Существуют люминофоры с временем П. порядка от нескольких микросекунд до единиц и даже десятков секунд. В зависимости от назначения электронно-лучевой трубки следует выбирать люминофор для экрана с различным временем П.

Послеускоряющий электрод — анод в осциллографических электронно-лучевых трубках, ускоряющий электроны в уже отклоненном луче. Благодаря малой скорости электронов, пролетающих отклоняющее поле, *чувствительность к отклонению* в несколько раз увеличивается.

Постоянная Больцмана — универсальная термодинамическая величина, связывающая энергию элементарной частицы с температурой. П. Б. обозначается буквой k и равна $1{,}38 \cdot 10^{-16}$ *эрг/град.*

Постоянная времени — величина, характеризующая время установления какого-либо процесса или состояния равновесия в системе, например время спада тока после прекращения действия внешней э. д. с. в цепи, обладающей индуктивностью и активным сопротивлением, время заряда или разряда конденсатора через активное сопротивление, время установления наибольшей амплитуды вынужденных колебаний в колебательном контуре после включения внешней э. д. с. В этих процессах спад тока, заряда конденсатора и т. д. обычно происходит по закону

$$i = i_0 e^{-\alpha t},$$

где e — основание натуральных логарифмов; t — время; α — постоянная величина, зависящая от параметров цепи. Возрастание, например, амплитуды вынужденных колебаний подчиняется закону

$$A = A_m (1 - e^{-\alpha t}),$$

где A_m — наибольшая (установившаяся) амплитуда вынужденных колебаний. Как в том, так и в другом случае процесс теоретически длится бесконечно долго, ибо $e^{-\alpha t}$ только при $t = \infty$ обращается в нуль. Поэтому время, за которое заканчивается процесс установления, выбирают несколько условно, исходя из следующих соображений: П. в. процесса — есть $\tau = 1/\alpha$; значит за время $t = \tau$ величина $e^{-\alpha t}$ уменьшается в e раз ($e \approx 2{,}7$). За время $t = 4\tau$ величина $e^{-\alpha t}$ уменьшится в $e^4 \approx 60$ раз, т. е. до 1,5% от начальной. Поэтому можно считать, что 4τ — это время, за которое процесс установления практически успевает закончиться. Для примера укажем, что П. в. колебательного контура $\tau = 2L/R$, где L — индуктивность контура, а R — его активное сопротивление. Цепь, содержащая емкость C и активное сопротивление R, имеет П. в.

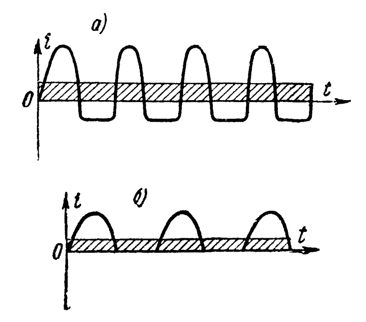
$$\tau = RC.$$

П. в. электрических цепей играет важную роль в случаях, когда напряжения и токи в этих цепях должны успевать следовать за изменениями внешнего воздействия. В таких случаях П. в. цепи должна быть достаточно мала. Например, чтобы в усилителе успевали произойти изменения амплитуд колебаний, соответствующие модуляции принимаемого сигнала, П. в. τ усилителя должна быть выбрана так, чтобы 4τ было меньше, чем наименьший период модулирующих колебаний.

Постоянная планка — универсальная квантовомеханическая величина, связывающая энергию кванта с частотой колебаний (длиной волны). П. П. обозначается буквой h и равна $1{,}054 \cdot 10^{-27}$ *эрг·сек.*

Постоянная составляющая (тока или напряжения) — среднее значение изменяющегося по величине и направлению тока (или напряжения). В соответствии с этим определением постоянная составляю-

щая данного изменяющегося со временем тока равна величине такого постоянного тока, при котором за 1 *сек* через сечение проводника проходит такое же количество электричества, какое проходит в среднем за 1 *сек* при данном изменяющемся токе. Для подсчета этого среднего количества электричества нужно выполнить операцию интегрирования.



Если меняющийся ток задан графически (см. рис. *а*), то для нахождения П. с. т. нужно взять разность площадей, ограниченных кривой тока над осью абсцисс и под ней, и построить прямоугольник с площадью, равной этой разности (на рис. заштрихован). Прямоугольник должен быть расположен над осью абсцисс или под ней в зависимости от того, какая из площадей, ограниченных кривой и осью абсцисс, больше — верхняя или нижняя. Высота этого прямоугольника и определяет П. с.т.

Для синусоидального переменного тока П. с. т. равна нулю (площади над осью и под осью равны). Если вся кривая меняющегося тока расположена над осью абсцисс (см. рис. *б*), то для нахождения П. с. нужно построить прямоугольник с площадью, равной площади, ограниченной графиком тока и осью абсцисс. Построение на рис. *б* соответствует нахождению П. с. тока, полученного при *однополупериодном выпрямлении*. П. с. напряжения определяется так же, как П. с. т. и графический метод нахождения П. с. тока полностью применим для нахождения П. с. напряжения.

Постоянная Холла — характеристика полупроводника, зависящая от концентрации основных носителей. Э. д. с., возникающая в результате *эффекта Холла*, прямо пропорциональна П. Х.

Постоянное запоминающее устройство — разновидность *запоминающего устройства*, которое при работе цифровых вычислительных машин используется только в режиме считывания (опроса). Запись в П. з. у. осуществляется обычно каким-нибудь механическим процессом: прошивкой провода, припайкой диода или сопротивления, перфорацией карты, установкой ферритового стержня и т. п. П. з. у. широко применяются в специализированных вычислительных машинах гражданского и военного назначения. В современных цифровых вычислительных машинах универсального назначения П. з. у. используются для хранения часто встречающихся числовых констант, микропрограмм и некоторых *подпрограмм*. *Емкость* построенных до настоящего времени П. з. у. составляет 10^4—10^6 двоичных единиц, а быстродействие характеризуется временем выборки в диапазоне от нескольких до десятых долей микросекунды. Структурно П. з. у. состоят из *накопителя*, в котором хранится информация, и электронной схемы, осуществляющей выборку *адреса* и усиление выходных сигналов до требуемого уровня.

Постоянные соревнования коротковолновиков и ультракоротковолновиков — соревнования радиоспортсменов всех стран на соискание различных радиолюбительских дипломов и установление рекордов по требованиям, предъявляемым для их получения. Большой популярностью пользуются дипломы,

учрежденные в 1949 г. Центральным радиоклубом СССР: Р-15-Р, Р-10-Р, Р-100-Р, которые выдаются за выполнение следующих норм: необходимо не более чем за 24 *ч* установить на любительских диапазонах двусторонние радиосвязи (или наблюдения): для первого — с 15 республиками Советского Союза, а для второго — с 10 радиолюбительскими районами СССР; диплом Р-100-Р выдается за двусторонние радиосвязи (наблюдения) со 100 и более областями Советского Союза. С 1957 г. для расширения и укрепления международных радиоспортивных связей был учрежден диплом Р-150-С, присуждаемый за проведение двусторонних радиосвязей (наблюдений) с коротковолновиками 150 стран (по списку стран, утвержденному Федерацией радиоспорта СССР), в том числе обязательно с радиолюбителями 15 Союзных республик СССР.

В связи со столетием со дня рождения великого русского ученого изобретателя радио А. С. Попова в 1959 г. был учрежден диплом W-100-U. Он выдается за установление двусторонних связей (наблюдений) на любительских диапазонах со 100 различными радиостанциями Советского Союза, в том числе обязательно с пятью станциями девятого района — родиной А. С. Попова. Есть еще ряд дипломов Центрального радиоклуба и других радиоклубов страны.

Наши коротковолновики участвуют в состязаниях на соискание дипломов, учрежденных радиолюбительскими организациями различных стран, и прежде всего социалистических стран. Основанием для выдачи дипломов служат QSL-карточки, высылаемые радиоспортсменами СССР в Центральный радиоклуб.

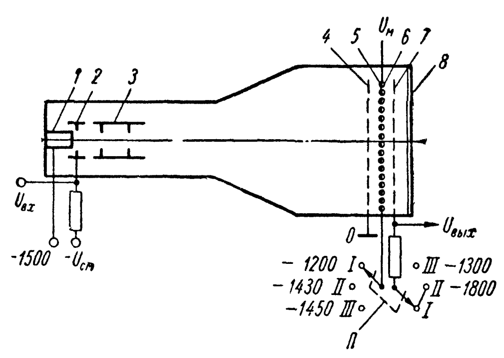
Потенциал — см. *Разность потенциалов.*

Потенциалоскоп — электроннолучевая трубка для записи, хранения и переработки *видеосигналов.* П. содержит один, два или три *электронных прожектора*, *мишень* — тонкий слой диэлектрика на *сигнальной пластине* — и *коллектор.* При подаче записываемого сигнала на модулятор электронного прожектора (модуляция тока пучка), или на коллектор, или на сигнальную пластину на мишени образуется *потенциальный* (зарядный) *рельеф.* Стирание, запись и считывание рельефа может осуществляться в различных режимах, последовательно либо одновременно одним, двумя или тремя пучками. Считывание производится как в *иконоскопе*, при постоянном токе пучка или при его модуляции высокой несущей частотой. В последнем случае напряжение сигнала с сигнальной пластины подается на *резонансный* (полосовой) *усилитель.* Благодаря этому считывание и запись могут производиться одновременно, поскольку записываемый сигнал через усилитель на выходе не пройдет. Рельеф на мишени П. может сохраняться длительное время. Закон и скорость развертки при записи и считывании могут быть различными; это позволяет сужать или расширять спектр сигналов путем замедления или ускорения скорости считывания.

П. с *шаговой* (адресной) *разверткой* использовались как устройства *оперативной памяти* в вычислительных машинах. П. применяются для преобразования телевизионных сигналов из одного стандарта в другой, радиолокационных сигналов в телевизионные и т. д. П. позволяет накапливать рельеф периодических сигналов, что облегчает их выделение на фоне шумов. Разновидностью П. является *графекон.*

Потенциалоскоп с видимым изображением — *потенциалоскоп* с сетчатой *мишенью*, *потенциальный рельеф* которой управляет интенсивностью пролетающего сквозь мишень электронного потока.

Коллектор, мишень, коллектор-рефлектор — мелкоструктурные сетки (см. рис.). Мишень в виде слоя диэлектрика наносится на металлическую сетку-подложку со стороны экрана.



1 — катод; *2* — модулятор; *3* — анод электронного прожектора; *4* — коллектор; *5* — сетчатая основа мишени; *6* — мишень; *7* — коллектор-рефлектор; *8* — люминофор; *П* — переключатель режима работы.

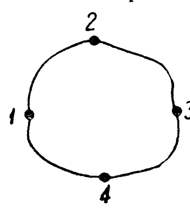
В режиме стирания (переключатель в положении *II*) электроны немодулированного луча тормозящим полем рефлектора возвращаются на мишень с энергией — 1430—(—1500) = 70 *эв*. (Цифры соответствуют указанным на схеме потенциалам.) Получается *режим медленных электронов* и мишень доводится до потенциала катода (—1500 *в*) или —1500— (—1430) = = — 70 *в* относительно подложки; при этом рельеф стирается.

В режиме записи (*I*) электроны модулированного луча, отталкиваемые рефлектором, попадают на мишень с энергией —1200—70—(—1500) = 230 *эв*. Получается *режим быстрых электронов*. За счет вторичных электронов потенциал мишени стремится к потенциалу коллектора (*0*), создавая положительный относительно подложки рельеф в соответствии с модуляцией луча.

В режиме считывания и воспроизведения (*III*) электроны немодулированного луча, пролетая сквозь мишень, попадают на коллектор-рефлектор и люминофор экрана. Потенциальный рельеф относительно катода — 1450 — 70 — (—1500) + $U_м$ = $U_м$ — 20 *в* оказывается отрицательным. Рельеф действует как управляющая сетка в электронной лампе — модулирует поток электронов. В более положительных местах рельефа ток в цепи коллектора-рефлектора и яркость экрана будут больше. Поскольку электроны на мишень не попадают, рельеф сохраняется и считывание может осуществляться много раз. П. с. в. и. могут применяться в качестве индикаторов радиолокационных станций. В этом случае считывание сигналов не требуется. Воспроизведение может осуществляться широким электронным пучком от дополнительного катода без развертки. Преимущества такой индикации: большая яркость изображения, регулируемое время *послесвечения*, ровный фон.

Потенциальное электрическое поле — поле, в котором работа, совершаемая электрической силой при перемещении электрического заряда, зависит только от положения начальной и конечной точек пути перемещения электрического заряда, но не зависит от формы этого пути. Вследствие этого работа сил поля по замкнутому пути в П. э. п. всегда равна нулю. Это второе свойство П. э. п. вполне эквивалентно его первому свойству, и любое из них может служить определением П. э. п. Действительно, работа $A_{1,2,3,4}$ по замкнутому пути *1*, *2*, *3*, *4* в П. э. п. (см. рис.) должна быть равна сумме работ, совершаемых силами поля при перемещениях *1*, *2*, *3* и *3*, *4*, *1*, т. е. $A_{1,2,3} = A_{3,4,1}$. Но $A_{1,2,3} = A_{1,4,3}$ (так как работа не зависит от пути,

а лишь от положения начальной и конечной точек). С другой стороны, $A_{1, 4, 3} \doteq -A_{3, 4, 1}$, и значит, $A_{1, 2, 3, 4} = 0$. Поле, не обладающее этими свойствами, называется непотенциальным. Непотенциальным, в частности, является поле, силовые линии которого замкнуты.



Если, например, электрический заряд движется вдоль направления такой замкнутой силовой линии электрического поля, то на всем пути совершается работа одного знака, а следовательно, работа по замкнутому пути не может быть равна нулю. Поэтому непотенциальным является электрическое поле, возникающее в результате *электромагнитной индукции*, так как линии его замкнуты (они охватывают тот изменяющийся магнитный поток, который это электрическое поле возбуждает).

Потенциальный барьер — разность потенциальных энергий электрона (дырки) по одну и другую сторону границы раздела различных сред. На границе проводника и вакуума П. б. отождествляется с *работой выхода*. При контакте разнородных проводников или полупроводников, а также у *p—n* перехода П. б. равен разности работ выхода находящихся в контакте материалов, т. е. *контактной разности потенциалов*, умноженной на величину заряда электрона.

Потенциальный рельеф — распределение потенциалов на *мишени передающих телевизионных* и *накопительных трубок* в соответствии с распределением яркости в изображении или интенсивности записываемого сигнала. П. р. сопутствует и соответствует *зарядному рельефу*. Однако возможным резким перепадам в зарядном рельефе всегда соответствует плавный перепад П. р., поскольку скачки потенциала невозможны.

Потенциометр — прибор для точных измерений напряжений по компенсационному методу. Одним из основных его элементов является переменный делитель напряжений, позволяющий плавно регулировать напряжение. Подобные делители обычно также называют (не вполне правильно) П.

Потери на гистерезис — см. *Гистерезис*.

Потери на излучение — см. *Излучение радиоволн*.

Поток магнитной индукции (через какую-либо площадку) — поток, равный произведению величины этой площадки S на составляющую вектора *магнитной индукции* B_n, перпендикулярную площадке S. Так как густота линий магнитной индукции пропорциональна величине B, то П. м. и. B_nS пропорционален (или при соответствующем выборе «масштаба густоты» линий магнитной индукции) равен полному числу линий магнитной индукции, пронизывающих площадку S.

Поток рассеяния — часть *магнитного потока*, которая вследствие *магнитного рассеяния* ответвляется от магнитной цепи в окружающее пространство. Чем меньше магнитное сопротивление этой цепи, тем меньше П. р. Поэтому в случае замкнутых сердечников с достаточно большим поперечным сечением, изготовленных из материала с большой *магнитной проницаемостью*, П. р. бывает мал.

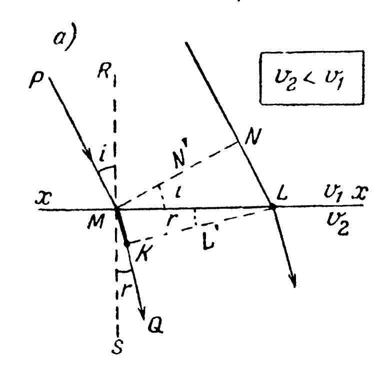
Предварительная селекция (преселекция) — ослабление сигналов мешающих станций в контурах высокой частоты супергетеродина (до смесителя), способствующее устранению помех на *зеркальной частоте*.

Представление чисел в цифровой вычислительной машине — один из трех способов представления чисел: в прямом, дополнительном или обратном кодах. Выбор способа зависит от многих обстоятельств. Так, например, сложение и вычитание наиболее удобно производить в дополнительном коде, для умножения выгоднее прямой код, числа в запоминающем устройстве обычно хранятся в прямом коде и т. д. В коде любого числа можно выделить группу разрядов, которая служит для представления цифровой части числа (значащие разряды), и один или два разряда для представления знака. Коды, в которых использованы два разряда для изображения знака, называются модифицированными, например модифицированный дополнительный или обратный код.

Представления положительных чисел во всех трех кодах совпадают. Обратный код отрицательного числа в двоичной системе счисления образуется очень просто: нужно инвертировать все значащие разряды, оставив разряды знака без изменения. В этой простоте заключается достоинство обратного кода, так как поразрядное инвертирование схемно реализуется очень просто. Перевод отрицательного числа из прямого в дополнительный код более сложен. Сначала также производится инвертирование значащих разрядов, а после этого прибавляется единица в младший разряд. Разряды знака остаются без изменения. Таким образом, операция преобразования отрицательного числа из прямого кода в дополнительный осуществляется в два этапа — этап инвертирования и этап суммирования. Нуль имеет однозначное представление только в дополнительном коде. В прямом и обратном кодах нуль имеет два представления: так называемый положительный и отрицательный нуль. Неоднозначность представления нуля никак не сказывается на правильности выполнения операции сложения, однако при программировании этот факт является существенным неудобством.

Модифицированные коды нашли применение, потому что в них легко распознаются случаи переполнения разрядной сетки машины. Например, если знак представлен двумя двоичными разрядами, причем плюсу соответствует комбинация 00, а минусу 11, то присутствие в знаковых разрядах любой из двух неразрешенных комбинаций 01 или 10 будет свидетельствовать о переполнении разрядной сетки.

Преломление волн — изменение направления распространения волн, вызванное различиями в скорости их распространения на разных участках *фронта волны*. Простейший случай — это *преломление плоской волны* при наклонном



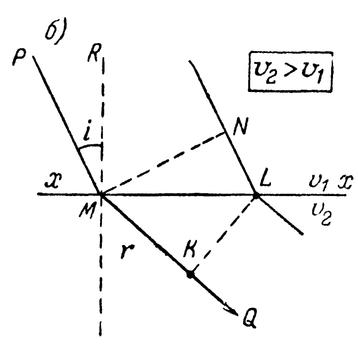
падении на границу двух сред *xx*, в которых волна имеет разную скорость распространения (см. рис. *а*). Если фронт волны *MN* наклонен к границе двух сред и скорость ее распространения в первой среде v_1 больше скорости во второй среде v_2 (этот случай изображен на рис. *а*), то за время, пока волна из точки *N* дойдет до точки *L* на границе, волна из точки *M* на границе пройдет во второй среде меньший путь и достигнет точки *K*. Отношение путей *MK*/*NL*

равно отношению скоростей распространения волн v_2/v_1. Поскольку в точках M и N, лежащих на одном фронте волны, фаза одинакова, то она одинакова и в точках K и L, так как за одно и то же время фаза изменится на одну и ту же величину. Значит, точки K и L лежат на одном и том же фронте волны, распространяющейся во второй среде. Рассуждая так же не только для крайних точек M и K, N и L, но и для любой пары соответствующих точек, находящихся между M и N, между K и L (например, N' и L'), можно убедиться, что L' лежит на прямой KL, т. е. что при плоском фронте падающей волны MN фронт преломленной волны KL также оказывается плоским.

Как видно из рис., фронт волны при переходе во вторую среду изменил свое направление, а так как направление распространения волны перпендикулярно фронту, то и оно изменилось. В первой среде волна распространяется по направлению PM, во второй — по направлению MQ, т. е. произошло п. в., причем направление распространения приблизилось к перпендикуляру S к границе двух сред. Иначе говоря, угол падения i больше угла преломления r. Произведя аналогичное построение для другого угла падения, можно убедиться, что чем больше этот угол, тем сильнее изменяется направление распространения волны, т. е. тем больше угол между PM и MQ.

При $v_2 > v_1$ получается обратная картина. Направление распространения будет отклоняться дальше от перпендикуяра к границе, т. е. угол падения i будет меньше угла преломления r (см. рис. *б*). В этом случае при увеличении угла i угол r достигнет 90° раньше, чем достигнет того же значения угол i, т. е. при достаточно большом i (но $i < 90°$) волна во вторую среду не проникнет; это случай *полного внутреннего отражения*.

Величина П. в. зависит от отношения скоростей v_1 и v_2. Поэтому отношение $v_1/v_2 = n_{12}$ называется относительным показателем преломления при переходе из первой среды во вторую. Так как $NL/MK = V_1/V_2 = n_{12}$, а $NL = ML \sin r$ и $MK = ML \sin r$, то $\sin i = \sin r = n_{12}$.

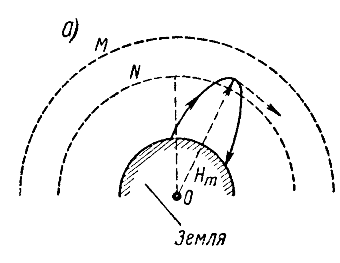


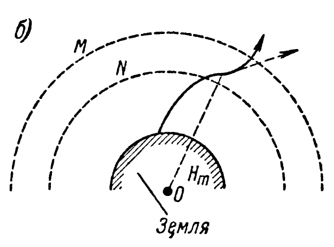
В случае электромагнитных волн скорость распространения в какой-либо среде обычно сравнивают со скоростью c распространения в вакууме. При этом относительный коэффициент преломления для перехода из вакуума в данную среду $n = c/v$ (где c — скорость в вакууме, а v — скорость в среде) называют просто коэффициентом преломления данной среды (иначе говоря, для вакуума $n = 1$), а для среды, в которой скорость распространения электромагнитных волн меньше, чем в вакууме, $n > 1$.

Преломление радиоволн в ионосфере (ионосферная радиорефракция) — искривление путей радиоволн вследствие различной скорости их распространения в разных слоях ионосферы (см. *Преломление волн*).

Скорость распространения электромагнитных волн в ионосфере тем больше, чем меньше диэлектрическая проницаемость ионосферы (магнитная проницаемость ионосферы равна единице). Диэлектрическая проницаемость ионосферы

существенно зависит от числа содержащихся в единице объема свободных электрических зарядов (главным образом от числа электронов и в малой степени от числа ионов). Они уменьшают диэлектрическую проницаемость ионосферы, т. е. увеличивают скорость распространения радиоволн. Поэтому в ионосфере скорость распространения радиоволн зависит от степени ионизации. Если в каком-либо слое ионосферы MN (см. рис. *а*) ионизация, а следовательно, и скорость с высотой уменьшается как ионизация, так и скорость распространения), проходит сквозь ионизированный слой и выходит примерно под тем же углом, под которым она вошла в слой. В этом случае распространение волн на большие расстояния невозможно. Скорость распространения радиоволн в ионосфере существено зависит от частоты, т. е. происходит *дисперсия волн.* По мере увеличения частоты отличие в скорости распространения радиоволн в ионосфере от

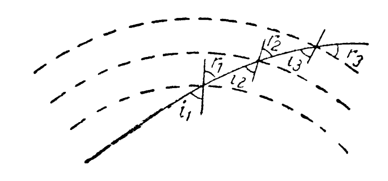




распространения радиоволн возрастают с высотой, то при наклонном вхождении радиоволн в слой тот участок волны, который распространяется в более высокой области слоя, обгоняет другой участок волны, который распространяется в более низкой области слоя. В результате этого направление распространения волны постепенно изменяется, отклоняясь в сторону Земли. Если направление распространения волны становится горизонтальным до того, как волна достигла высоты h_m (которой соответствует максимум ионизации слоя), то волна возвращается к Земле. Так короткие волны могут распространяться на большие расстояния. Если же вследствие того, что ионизация в слое мало изменяется с высотой (так как мало максимальное значение ионизации в слое), то на высоте h_m направление распространения волны еще не горизонтально (см. рис. *б*), а дальше оно начинает отклоняться в другую сторону (так как теперь скорости в вакууме уменьшается, а вместе с тем уменьшается и различие в скоростях распространения волны в слоях с разной степенью ионизации. Поэтому по мере укорочения длины волны П. р. в и. становится все менее заметным и для волн короче 5—10*м* оно обычно столь мало, что не может обеспечить возвращения их к Земле. Лишь когда ионизация атмосферы резко возрастает по сравнению с нормальной, становится возможным возвращение ультракоротких волн на Землю, а вместе с тем и распространение их на расстояния, значительно превышающие пределы прямой видимости.

Преломление радиоволн в тропосфере (тропосферная радиорефракция) — искривление путей распространения радиоволн, обусловленное зависимостью диэлектрической проницаемости, а следовательно, и скорости распространения радиоволн от плотности тропосферы (см. *Скорость распространения электромагнитных волн*).

Для упрощения рассмотрения, будем считать, что температура тропосферы не изменяется с высотой (изотермическая тропосфера). Тогда плотность тропосферы уменьшается с высотой из-за уменьшения давления и падения содержания водяных паров; вследствие этого диэлектрическая проницаемость воздуха с высотой уменьшается, а скорость распространения радиоволн увеличивается, приближаясь к скорости света в вакууме. Для дальнейшего упрощения представим тропосферу состоящей из отдельных горизонтальных слоев, в



которых скорость распространения немного увеличивается от слоя к слою снизу вверх (см. рис.). Тогда при наклонном падении волны на границе каждых двух слоев произойдет *преломление волн*, причем направление распространения отклонится от перпендикуляра к границе слоев, т. е. на каждой границе угол *r* будет больше угла *i*. По мере проникновения волн в следующие слои направление их распространения все больше отклоняется к Земле.

Чем более наклонно падает волна на границу слоев (чем больше угол *i*), тем сильнее преломление. Поэтому пути волн, распространяющихся под малыми углами к горизонту, заметно искривляются, вследствие чего они могут достигать точек, лежащих за пределами горизонта.

Таким образом, П. р. в. т. делает возможным распространение за пределы прямой видимости волн длиной порядка метра и короче, которые в отсутствие тропосферы распространялись бы прямолинейно, т. е. только до горизонта. Для более длинных волн, которые вследствие *дифракции* проникают за горизонт на расстояние тем большее, чем длиннее волна, искривление путей распространения радиоволн в тропосфере не играет существенной роли в смысле увеличения дальности их распространения за пределы прямой видимости.

При некоторых метеорологических условиях скорость распространения радиоволн возрастает с высотой быстрее, чем обычно, вследствие чего происходит более сильное искривление путей радиоволн и они распространяются за горизонт на значительное расстояние. Это явление называется сверхрефракцией. Иногда наблюдается обратная картина: скорость распространения радиоволн возрастает с высотой в меньшей степени, чем обычно, вследствие чего искривление путей радиоволн оказывается меньше, чем в нормальных условиях; это явление называется субрефракцией.

Преобразование частоты — преобразование электрических колебаний, при котором изменяется их частота. Распространены два случая П. ч. В первом случае преобразуется одно колебание и новая частота получается либо в целое число раз больше — при *умножении частоты*, либо в целое число раз меньше — при *делении частоты*. Во втором случае в П. ч. участвуют два колебания с разными частотами ν_1 и ν_2 и возникает новое комбинационное колебание, у которого частота в простейшем случае равна сумме или разности частот $\nu_1 + \nu_2$ и $\nu_1 - \nu_2$. П. ч. такого вида иногда называют гетеродинированием; оно применяется в *супергетеродинах*. В обоих случаях П. ч. может происходить только в *нелинейных цепях*. Иногда применяется П. ч., при котором частота изменяется в отношении,

m/n, где m и n — небольшие целые числа, не имеющие общего делителя.

Преобразователи информации — устройства, предназначенные для преобразования величин, представленных в непрерывной или аналоговой форме, в код (*аналого-цифровые преобразователи*) и кодов — в аналоговые величины (*цифро-аналоговые преобразователи*). Роль П. и. в системах управления с цифровыми вычислительными машинами иллюстрируется рисунком.

Сигналы о внешних условиях $x_1, x_2, \ldots, x_n$, влияющих на процесс управления объектом, поступающие от соответствующих *датчиков* обычно в непрерывной форме, должны быть для ввода в цифровую вычислительную машину преобразованы П. и. ($П_1'$, $П_1''$, ..., $П_1^n$) в цифровую форму. Управляющие сигналы $f_1, f_2, \ldots, f_m$ из цифровой вычислительной машины выдаются в виде цифрового кода и для воздействия на объект в большинстве случаев требуют преобразования в аналоговую форму, что осуществляется П. и. $П_2'$, $П_2''$, ..., $П_2^m$. Наконец, осведомительная информация о фактическом состоянии или реакциях управляемого объекта снимается с него датчиками в виде непрерывных сигналов $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_k$ и для ввода в машину также должна быть преобразована П. и. $П_3'$, $П_3''$, ..., $П_3^k$ в цифровой код. Важную роль П. и. играют также в системах *телеизмерения*, *телеуправления*, *программного управления* и др.

Важными показателями П. и. являются скорость преобразования и вносимые ими погрешности. Погрешности П. и. разделяются на две группы: 1) обусловленные самим принципом преобразования и вызываемые в первую очередь квантованием по уровню и времени (так называемые шумы квантования); 2) инструментальные, свойственные выбранному типу П. и. и вызываемые неточностью изготовления элементов, конечными величинами чувствительности элементов и их нестабильностью во времени, а также при изменении внешних условий (в первую очередь — температуры).

Преобразователь акустический — см. *Громкоговоритель*, *Микрофон*, *Электроакустика*, *Электромеханический преобразователь*.

Преобразователь частоты (в супергетеродине) — каскад, в котором происходит преобразование принимаемых колебаний высокой частоты в колебания промежуточной частоты. В П. ч. применяется специальная *смесительная лампа*. Нередко лампы смесителя и гетеродина объединяются в одну многоэлектродную частото-преобразовательную лампу.

Преселектор — контуры и каскады усиления высокой частоты в супергетеродине, настраиваемые на частоту принимаемой станции и обеспечивающие предварительную *селекцию*.

Прибор для настройки телевизоров — прибор, содержащий *осциллоскоп* для наблюдения формы *видеосигналов* и *импульсов синхронизации*, а также генератор качающейся частоты (*свип-генератор*), позволяющий на экране осциллоскопа наблюдать *частотные характеристики* усилителей высокой, промежуточной и видеочастот (последние — в области средних и верх-

них частот спектра видеосигналов). В П. д. н. т. на частотных характеристиках создаются «метки» (всплески) через каждый мегагерц. П. д. н. т. позволяет быстро настраивать все контуры телевизора, непосредственно наблюдая результат настройки, а также проверять общие его характеристики.

Привязка (схемы привязки) — см. *Фиксирующие схемы*.

Приемная антенна — *антенна*, специально предназначенная для приема радиоволн. В соответствии с *принципом взаимности* любая антенна не только может быть использована как передающая, так и приемная, но в обоих случаях обладает одинаковыми параметрами, причем к этим параметрам предъявляются одинаковые требования. Но в П. а., в отличие от передающей антенны, питаемой мощным передатчиком, не возникает высоких напряжений и сильных токов, благодаря чему исключена опасность потерь энергии, связанных с образованием электрического разряда в воздухе, а также опасность чрезмерного нагрева проводов, и поэтому не требуются провода больших сечений.

Требования в отношении направленного действия П. а. зависят от ее назначения и могут существенно отличаться от требований к антеннам передающих радиостанций. Например, в то время как антенна радиовещательной станции должна быть в горизонтальном направлении всенаправленной, П. а., предназначенную для приема только этой станции, целесообразно делать направленной именно на нее.

Что касается *диаграммы направленности* антенны в вертикальном направлении, то к П. а. обычно предъявляются такие же требования, как к передающим. Например, П. а. для приема далеких коротковолновых радиостанций должна в вертикальной плоскости хорошо принимать радиоволны, приходящие под значительными углами к горизонту, т. е. так же, как и антенна передающей коротковолновой радиостанции, должна иметь в вертикальной плоскости не широкую диаграмму направленности с осью, образующей достаточно большой угол с горизонтом (см. *Антифединговые антенны*).

Приемная телевизионная трубка — см. *Кинескоп*.

Приемный радиоцентр — комплекс приемных устройств (приемных антенн, радиоприемников и вспомогательных устройств), при помощи которых осуществляется прием всех радиограмм и радиопереговоров, предназначенных для данного города. С целью устранения индустриальных помех радиоприему П. р. выносится далеко за пределы города и связывается с ним при помощи кабельных линий.

Примесная проводимость — проводимость полупроводника, в котором благодаря наличию примесных веществ концентрации свободных электронов и дырок различны. (См. *Примесные полупроводники*).

Примесные полупроводники — общее название полупроводников электронного, или *n*-типа, и дырочного, или *p*-типа. П. п. *n*-типа представляют собой полупроводники, легированные донорными примесями, т. е. веществами, повышающими концентрацию свободных электронов, в результате чего электронная проводимость начинает преобладать над дырочной. П. п. *p*-типа, напротив, легированы акцепторными примесями, увеличивающими концентрацию дырок и вызывающими преобладание дырочной проводимости. При одновременном введении в полупроводник и донорной и акцепторной примесей происходит компенсация их влияний и эффект на проводимость оказывает только избыток одного типа примеси над другим. П. п. обладают меньшим удельным сопротивлением, чем *собственный полупроводник*, причем их сопротивление в определенном диапазоне

температур может возрастать при повышении температуры, как у металлических проводников. При достаточно высокой температуре, ввиду роста концентрации собственных носителей, П. п. приобретают свойства собственных полупроводников.

Примесный уровень — см. *Зонная теория.*

Принтоскоп — специальная *знаковая электронно-лучевая трубка*, в которой все управление (фокусировка, отклонение), в отличие от *характрона*, осуществляется с помощью электростатических устройств.

Принцип взаимности — общий принцип электродинамики, устанавливающий, в частности, соответствие между свойствами одной и той же антенны при работе ее на передачу и прием. П. в. вытекает из теории четырехполюсников и может быть сформулирован следующим образом. Пусть антенна A_1 сначала работает как передающая, а антенна A_2 как приемная и введение э. д. с. E в точку a_1 антенны A_1 вызывает ток I в точке a_2 антенны A_2. Если теперь поменять антенны ролями и ввести э. д. с. E в точку a_2 антенны A_2, то в точке a_1 антенны A_1 получится такой же ток I.

Поэтому всякая антенна при работе на передачу и прием обладает одинаковыми свойствами, в частности имеет одну и ту же *диаграмму направленности*. Если передающая антенна в одном направлении излучает в n раз больше энергии, чем в другом, то, работая в качестве приемной, та же антенна будет получать от плоской волны, приходящей в первом направлении, в n раз больше энергии, чем от такой же волны, приходящей во втором направлении.

П. в. играет важную роль в теории антенн и широко используется при экспериментальном их исследовании

Принцип максимума — один из методов теории оптимального управления, позволяющий решить задачу о нахождении оптимального по скорости переходного процесса в непрерывных автоматических системах. Честь открытия этого принципа принадлежит советскому ученому акад. Л. С. Понтрягину и его ученикам. Сущность П. м. состоит в изучении объекта, движением которого можно управлять при помощи специальных «рулей». Состояние объекта характеризуется определенной совокупностью координат. Положение «рулей» в каждый момент характеризуется управляющими параметрами, совокупность которых образует управления. П. м. позволяет выбрать такое управление, которое переведет объект из заданного в момент t_0 начального состояния в предписанное конечное при выполнении ряда дополнительных требований. Такими требованиями могут быть минимальное время перехода или минимальная затрата энергии и т. д. Можно также предположить с достаточной степенью точности, что «рули» безынерционны, т. е. их можно переключать из одного положения в другое мгновенно. Это дает возможность рассматривать оптимальное управление непрерывными объектами с релейными исполнительными устройствами. П. м. устанавливает, что для получения оптимального переходного процесса необходимо выбирать в любой момент времени такие управления, которые обеспечивают максимальное значение функционала, зависящего от всех координат объекта управления.

К идеям, связанным с П. м., относится решение задачи о максимальном быстродействии или о приближенном получении максимального быстродействия для автоматических систем с ограничениями. В соответствии с этими идеями, для достижения максимального быстродействия модули ограничиваемых величин должны поддерживаться

на максимально допустимом уровне.

Для реализации оптимального быстродействия должен быть выполнен синтез управляющей части автоматической системы, которая обеспечит необходимое переключение «рулей». Такая управляющая часть представляет собой достаточно сложное вычислительное устройство, для которого необходимы датчики производных от ограничиваемых координат.

Другой метод создания систем, оптимальных по быстродействию, состоит в использовании определенным образом построенных нелинейных элементов, вводимых в цепи обратных связей.

Принцип накопления заряда — накопление заряда в элементарной емкости *мишени* слабым *фототоком* в течение времени передачи кадра $T_к$ и быстрый разряд ее через сопротивление нагрузки в течение короткого промежутка времени передачи одного элемента изображения τ. При использовании П. н. з. ток разряда (сигнала) получается в $T_к/\tau = N$ раз больше фототока одного элемента (N — число элементов в кадре). П. н. з. дает выигрыш в отношении сигнал/шум в $\sqrt{N}$ раз, а в необходимой освещенности в N раз. П. н. з. широко используется в *передающих телевизионных трубках*.

Прицельные помехи — *активные помехи*, создаваемые специальными радиостанциями помех направленным излучением в сторону радиолокационной станции, работу которой хотят нарушить, и излучающими электромагнитные колебания в узкой полосе частот, лишь ненамного перекрывающей спектр частот, излучаемых радиолокационной станцией, в отличие от *заградительных помех*.

Пробивное напряжение — напряжение, при котором происходит пробой диэлектрика.

Пробой диэлектрика — возникновение значительного электрического тока в *диэлектриках* под действием сильного электрического поля. В нормальных условиях в диэлектрике (газообразном, жидком или твердом) почти отсутствуют носители электричества, так как заряженные элементарные частицы образуют нейтральные молекулы. Но даже при небольшом числе носителей электричества сильное электрическое поле может вызвать достаточно быстрое их движение и заметный электрический ток. Далее процесс П. д. может развиваться двумя путями. Возникший электрический ток вызывает разогрев диэлектрика, вследствие чего число свободных носителей электричества увеличивается и ток возрастает. Вместе с тем усиливается разогрев диэлектрика, и ток возрастает все больше и больше. Возникает тепловой П. д. Второй путь — увеличение числа носителей электричесва в результате ионизации молекул диэлектрика и некоторых других причин. Резкое увеличение числа носителей электричества приводит к П. д. (электрический П. д.); в результате пробоя происходит разрушение или изменение строения вещества диэлектрика. Пробитый твердый диэлектрик в той или иной степени теряет свои свойства изолятора.

Многие жидкие диэлектрики, после того как вызвавшее пробой электрическое поле исчезло, восстанавливают свои свойства и снова становятся изоляторами. Газы полностью восстанавливают свойства диэлектрика после исчезновения электрического поля, вызвавшего П. д.

Пробой *p—n* перехода — резкое увеличение обратного тока через *p — n* переход при повышении приложенного к нему обратного напряжения сверх определенного значения. При отсутствии в цепи ограничивающего ток сопротивления П. *p — n* п. обычно приводит к термическому разрушению полупроводникового прибора. В других

случаях П. p—n п. используется как полезное явление, на котором основывается действие некоторых типов полупроводниковых приборов (см., например, *Кремниевый стабилитрон*, *Обращенный диод*). В зависимости от удельного сопротивления более высокоомной области полупроводника и состояния поверхности в районе p—n перехода пробой может наступать при весьма различных напряжениях (от долей вольта до нескольких киловольт) и иметь различную физическую природу.

Одним из характерных для полупроводниковых приборов типом П. p—n п. является так называемый лавинный пробой (см. *Лавинное умножение*), другим — тепловой пробой. Последний связан с регенеративным процессом увеличения обратного тока, происходящим по следующей схеме: увеличение обратного тока вызывает увеличение мощности, рассеиваемой p—n переходом, повышается температура p—n перехода, обратный ток дополнительно увеличивается и т. д. Напряжение, при котором наступает тепловой пробой, тем ниже, чем больше мощность, рассеиваемая полупроводниковым прибором в рабочем режиме, и чем выше температура окружающей среды.

Третий тип П. p—n п. — так называемый зенеровский пробой — обусловлен вырыванием валентных электронов из атомов полупроводника в области обедненного слоя электрическим полем, увеличивающимся с повышением обратного напряжения. Такой пробой наблюдается в тонких p—n переходах, образующихся в низкоомных полупроводниках, причем пробивные напряжения обычно составляют несколько вольт. Этот тип пробоя называют также туннельным, поскольку механизм прохождения тока через переход здесь связан с *туннельным эффектом*.

Проверка на четность — один из наиболее часто используемых методов контроля возможных ошибок при передаче двоичных кодов из одного узла цифровой вычислительной машины в другой. Если, к примеру, заранее известно, что в данном *слове* количество единиц четно, а при проверке принятого слова количество единиц оказалось нечетным, значит, наиболее вероятно, что произошло искажение при передаче в одном из разрядов (вероятность неправильной передачи в бо́льшем числе разрядов резко убывает).

Проводимость (электрической цепи) — величина, обратная сопротивлению цепи. Если цепь обладает сопротивлением R, то ее П. $G = 1/R$. Зависимость между током и напряжением в цепи (закон Ома) можно выразить с помощью П. следующим образом:

$$I = GU.$$

Различным типам сопротивлений цепи соответствуют и различные типы П: *емкостному сопротивлению* $x_c = 1/\omega C$ соответствуют емкостная П. $b_c = \omega C$; *индуктивному сопротивлению* $x_L = \omega L$ соответствует индуктивная П. $b_L = 1/\omega L$; *полному сопротивлению*

$$z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

соответствует полная П.

$$y = \frac{1}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}.$$

Величинами П. удобно пользоваться для расчета параллельных цепей, для которых полная П. всей цепи равна сумме П. отдельных ветвей (так как при параллельном включении складываются величины, обратные сопротивлениям).

Проводники электричества́ — тела, в которых могут быть созданы *электрические токи проводимости*. В П. э. существуют или образуются носители электричества, т. е. по-

движные электрические заряды. Пока эти носители совершают хаотическое (тепловое) движение, количество электричества, протекающее через любое сечение проводника, в среднем за достаточно большой промежуток времени равно нулю. Под действием электрического поля они двигаются в направлении действия сил поля. Такое упорядоченнсе движение носителей электричества и представляет собой электрический ток.

В металлических проводниках носителями электричества являются электроны проводимости — слабо связанные с ионами металла «свободные электроны». В электролитах ток создается движением носителей электричества, обладающих зарядами обоих знаков — положительных и отрицательных ионов, образующихся в результате диссоциации (разделения) молекул растворенного вещества В газах носителями электричества являются как электроны, так и положительные, а иногда и отрицательные ионы, образующиеся вследствие *ионизации газа*. Прохождение электрического тока в металлических проводниках и газах обычно не связано с переносом вещества; а ток в электролитах сопровождается переносом вещества — *электролизом*.

Носители электричества при своем движении испытывают столкновения с другими частицами вещества и отдают последним всю энергию, полученную за счет электрического поля, или часть ее. Для поддержания движения носителей в проводниках должно существовать электрическое поле, которое при продвижении зарядов совершает работу. Вследствие этого всякий проводник обладает сопротивлением электрическому току. Чем больше столкновений испытывает каждый из носителей и чем меньше число носителей, тем сильнее должно быть электрическое поле, чтобы поддерживать в проводнике ток данной величины, и, следовательно, тем больше активное сопротивление П. э.

Энергия, отдаваемая движущимися зарядами частицам вещества, из которого состоит П. э., превращается в энергию их хаотического движения, т. е. в тепло. Происходит нагревание проводника протекающим по нему током.

В зависимости от природы подвижных электрических зарядов различают П.э. с металлической или *электронной проводимостью*, проводники с электролитической или *ионной проводимостью* и *полупроводники* с электронной проводимостью или *дырочной проводимостью*.

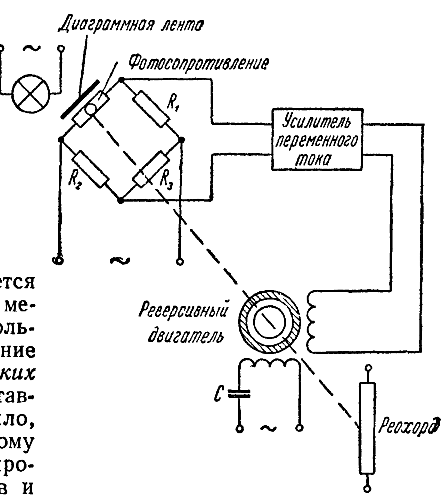
Программа — совокупность *команд*, записанных в определенной последовательности, позволяющая реализовать на данной цифровой вычислительной машине *алгоритм* решения той или иной задачи. П. составляется в коде той машины, из которой будет производиться решение задачи. Поэтому П. представляет собой как бы запись на «языке» машины алгоритма решения задачи. П. вместе с исходными данными вводится во внутреннее *запоминающее устройство* цифровой вычислительной машины, после чего начинается выполнение вычислений. Команды извлекаются из запоминающего устройства и расшифровываются в *устройстве управления*. После выполнения текущей команды в устройстве управления тем или иным способом образуется *адрес* следующей команды, которая выбирается из *памяти* и выполняется подобно предыдущей, и т. д., пока задача не будет решена, или пока машина не остановится из-за какой-нибудь ошибки в вычислениях либо неисправности.

Программирование — подготовка задачи к виду, необходимому для осуществления решения ее на данной цифровой вычислительной машине. При этом предполагается, что *алгоритм* численного ее реше-

ния уже выбран. Конечная цель П. — составление *программы*, вводимой в машину вместе с исходными данными. П. сложных задач состоит из нескольких этапов. Сначала составляют общий план решения задач. Затем составляется подробная *блок-схема программы*, по которой расписывается вся программа. Последний процесс называется кодированием, так как заключается в записи решающего алгоритма на «языке» машины.

П. является трудоемким и кропотливым процессом; в настоящее время он в значительной степени автоматизирован. При автоматизации П. вся механическая (нетворческая) часть работы по составлению программы передается машине. Существуют различные методы автоматизации П. Наибольший эффект дает использование так называемых *алгоритмических языков* (кобол, *алгол*). Составленная программа, как правило, содержит много ошибок. Поэтому после П. производится отладка программы путем прогонки тестов и проведения контрольных просчетов. Отлаженная программа может быть пущена в работу.

Программное регулирование — регулирование с изменением задания по желаемому закону во времени или в зависимости от значения какого-либо параметра. На рис. приведена схема электронного устройства П. р. Основной частью его является фотоэлектрическая *следящая система*, которая воспроизводит программу, нанесенную карандашом или тушью на диаграммную ленту. Чувствительным элементом следящей системы служит фотоголовка, состоящая из *фотосопротивления*, включенного в одно из плеч моста и расположенного с одной стороны ленты, и лампочки накаливания, расположенной с другой стороны ленты. Питание мостовой схемы осуществляется от трансформатора. К другой диагонали моста подключен усилитель. На вход последнего подается сигнал, фаза которого зависит от величины фотосопротивления. Управляющая обмотка реверсивного двигателя включена последовательно в катодную цепь выходной лампы.



В зависимости от фазы входного сигнала работает одна из половин выходной лампы, и реверсивный двигатель, вращаясь, перемещает каретку с фотоголовкой в сторону уменьшения разбалансировки мостовой схемы. В момент, когда крайняя часть программы начнет проходить через светочувствительный слой фотоэлемента и его сопротивление будет равно сопротивлению плеча R_3, мостовая схема окажется сбалансированной и каретка не будет перемещаться (сопротивление двух других плеч $R_1 = R_2$). Одновременно с фотоголовкой реверсивный двигатель перемещает движок реохорда задатчика электронного моста или потенциометра.

В качестве программных устройств начинают получать применение устройства, основанные на

использовании элементов цифровой техники.

Программное управление — управление по заданной программе без учета результатов ее выполнения. Широко применяется при различных видах обработки металлов. Программа обработки задается аналоговой или кодовой записью на специальных носителях, которыми могут быть кривые на бумаге, магнитные ленты, профилированные шайбы, кулачки и т. д. Сигнал управления, снимаемый с носителя, может иметь непрерывную или дискретную форму. В качестве воспроизводящих устройств систем П. у. используются *шаговые двигатели* или *следящие системы.* В первом случае системы П. у. являются разомкнутыми автоматическими системами, во втором — замкнутыми. Системы П. у. металлорежущими станками отличаются весьма высокой точностью. Программа изготовляется с применением цифровых вычислительных устройств, а также при помощи записи эталонных кривых обработки.

В зависимости от принципа действия системы П. у. можно разделить на импульсные, фазовые и амплитудные. Последние, в свою очередь, подразделяются на шаговые, импульсные и импульсно-фазовые. В основу такого деления положено преобразование программы в перемещение обрабатываемого изделия. У импульсных систем программа обработки изделия записывается в виде унитарного кода. Каждому импульсу кода соответствует перемещение обрабатываемого изделия на один шаг. Для управления перемещением по двум координатам предусмотрены дорожки записи с импульсами двух полярностей. Каждому импульсу определенной полярности соответствует перемещение изделия на один шаг в одну или другую сторону. У фазовых систем П. у. унитарный код преобразуется в фазомодулированные сигналы с помощью специальной импульснофазовой приставки. Фазо-импульсные системы П. у. используют импульсную запись сигналов и триггеры в качестве индикаторов фазового рассогласования. Для воспроизведения записанной программы служат магнитные головки.

Прогрессивная развертка — простейшая телевизионная *развертка*, при которой обход *кадра* осуществляется последовательно *строка* за *строкой*. П. р. применяется в некоторых установках *промышленного телевидения*. В телевизионном вещании принята *чересстрочная развертка*.

Продольная волна — волна, в которой колебания происходят в направлении ее распространения. В *звуковой волне* происходят колебания частиц среды (газа, жидкости или твердого тела), вызванные распространением волны, и если направление этих колебаний совпадает с направлением распространения волны, то она является П. в. Звуковые волны в газах и жидкостях всегда являются П. в. В твердых телах могут распространяться также поперечные звуковые волны (см. *Поперечная волна*).

Проекционная телевизионная трубка (проекционный кинескоп)— кинескоп с мощным электронным лучом, создающим яркое изображение, которое специальной светосильной оптикой проектируется на внешний большой экран (примерно до 2 *м*²). П. т. т. характеризуется большим током луча (порядка 0,5 *ма*), высоким напряжением на втором аноде (порядка 50 *кв*) и небольшим диаметром плоского экрана. П. т. т. используются в *проекционных телевизорах*.

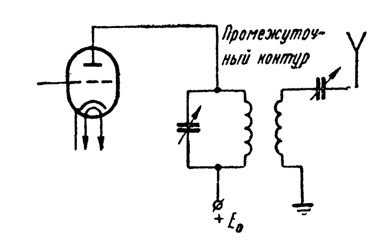
Проекционный телевизор — телевизионный приемник со средним или большим экраном. В П. т. используется либо проекционная приемная трубка (средний экран), либо устройство светоклапанного действия — *эйдофор*.

Прозрачность (коэффициент прозрачности) — отношение прошедшего сквозь пленку, оптическую систему или среду светового потока к падающему.

Промежуточная частота (в супергетеродине) — фиксированная частота колебаний, получаемых после *преобразования частоты* принимаемых *супергетеродином* сигналов. Это преобразование осуществляется с помощью гетеродина и смесителя. Частота гетеродина каждый раз подбирается так, чтобы разность между ней и частотой принимаемых сигналов при любом значении последней была равна фиксированной П. ч. На этой фиксированной П. ч. производится дальнейшее усиление сигналов, для чего служит *усилитель промежуточной частоты.*

Промежуточные волны — волны длиной от 50 до 200 *м*. По особенностям распространения П. в занимают промежуточное положение между *короткими волнами* и *средними волнами*. П. в., имеющие длину ближе к 50 *м*, распространяются почти так же, как короткие волны, а волны с длиной ближе к 200 *м* по законам распространения сходны со средними волнами. П. в. часто называют короткими волнами.

Промежуточный контур — колебательный контур, служащий для связи между какими-либо двумя



цепями, например между анодной цепью последнего каскада передатчика и антенной (см. рис.). В передатчиках основное назначение П. к. состоит в ослаблении гармоник, даваемых передатчиком. В приемниках П. к. служит для повышения избирательности. Иногда применяют несколько П. к., чтобы усилить их действие.

Промышленное телевидение — применение телевизионной техники в промышленности, на транспорте, флоте, строительстве, где непосредственное наблюдение невозможно, либо опасно, либо требует многих людей.

В П. т. используются *замкнутые телевизионные системы* — промышленные телевизионные установки различного назначения. Применение телевизионной техники для автоматизации производственных процессов относится к телевизионной автоматике.

К П. т. относятся диспетчерские телевизионные системы на железнодорожном транспорте, речном и морском флотах, *подводное телевидение*, системы для обследования скважин, труб, печей и т. п. С помощью *телевизионных камер*, размещаемых в труднодоступных местах, например на стреле башенного крана, ковше экскаватора, облегчается управление. П. т. широко используется на атомных электростанциях, кораблях и т. д. для наблюдения, контроля и работы с манипуляторами.

Промышленные помехи — см. *Индустриальные помехи.*

Проницаемость электронной лампы — величина, обратная *коэффициенту усиления электронной лампы.*

Пропускная способность (*канала связи*) — максимальная скорость безошибочной передачи информации по каналу. П. с. определяется физическими характеристиками канала связи. Измеряется П. с. в двоичных единицах в секунду. Реальная скорость передачи зависит от соотношения между помехами и сигналом, причем эта скорость всегда меньше П. с. Скорость передачи можно повысить и сколь

угодно близко приблизить к П. с. канала связи, если использовать более совершенные (но зато и более сложные в аппаратурном отношении) методы передачи и приема сигналов.

Просвечивающая трубка — *электронно-лучевая трубка* с малоинерционным люминофором и мощным электронным пучком, служащая для передачи изображений по методу «бегущего луча».

Пространственная волна — радиоволна, распространяющаяся под большим углом к горизонту вверх от Земли и не следующая за кривизной земной поверхности. Радиосвязь с помощью П. в. между двумя пунктами, находящимися за пределами прямой видимости, возможна лишь за счет сильного преломления радиоволн в *ионосфере*, в результате которого П. в. возвращается к Земле.

Пространственный заряд — электрический заряд, распределенный по некоторому объему в вакууме, газе или *полупроводнике* и образованный находящимися в этом объеме электронами или ионами. Поскольку свободные электрические заряды, на которые не действуют никакие другие силы, кроме кулоновых, не могут покоиться в равновесии (так как оно всегда неустойчиво), П. з. образуется только за счет движущихся (а не покоящихся) зарядов, т. е. связан с существованием тока. Так, например, в электронных приборах, когда эмиттируемые катодом электроны сразу попадают в достаточно сильное ускоряющее электрическое поле, уносящее их, электронное «облако» вокруг катода очень разрежено. Следовательно, когда электронный прибор работает при *токе насыщения*, то П. з. вокруг катода мал. Однако обычно электронные приборы работают не при токе насыщения, т. е. в таком режиме, когда не все вылетающие из катода электроны уносятся внешним электрическим полем. Вылетающие из катода, но не захваченные полем анода электроны образуют электронное «облако», обладающее значительным П. з.

П. з. экранирует катод от внешнего электрического поля; поэтому величина П. з. оказывается связанной с величиной анодного тока — увеличение анодного тока происходит за счет уменьшения плотности П. з. Для увеличения анодного тока необходимо повышать напряженность электрического поля около катода, например, путем повышения анодного напряжения. Когда в объеме существуют одновременно носители как положительных, так и отрицательных зарядов, они частично (или полностью) компенсируют друг друга и плотность П. з. уменьшается. Например, в *газотроне* пространственный заряд, создаваемый электронами, почти полностью компенсируется концентрирующимися вблизи катода ионами газа.

Пространство дрейфа — область внутри электронного прибора, в которой отсутствует электрическое поле и электроны движутся с постоянными скоростями, равными тем скоростям, с которыми они влетают в П. д.

Противовес — система проводов, изолированных от земли и расположенных под антенной. П. часто применяется на радиостанциях (особенно на передающих) вместо *заземления*.

Противодинатронная сетка — то же, что *защитная сетка*.

Противошумовая коррекция видеоусилителя — частичное подавление действя шумов усилителя с помощью коррекции его частотной характеристики. С этой целью нагрузочное сопротивление передающей трубки (входное сопротивление видеоусилителя) делается большим (порядка 10^5 *ом*). При этом входное напряжение сигнала растет, поскольку ток сигнала мало зависит от сопротивления нагрузки. Однако сигнал резко

падает в области верхних частот спектра из-за шунтирующего действия входной паразитной емкости. Спектр тепловых шумов сопротивления при этом также неравномерен: он сосредоточен в области нижних частот, где сигнал большой.

Для коррекции сигнала, в одном из последующих каскадов видеоусилителя ставят фильтр (например, частотнозависимый делитель напряжения), который подавляет нижние частоты спектра. Частотная характеристика усилителя в целом становится равномерной в пределах полосы частот сигнала, а отношение сигнал/шум в несколько раз возрастает. Тепловой шум входного сопротивления при этом полностью подавляется, а шум первой лампы усилителя частично уменьшается за счет того, что частотная характеристика усилителя без входной цепи резко подчеркивает верхние частоты спектра. Поэтому изменяется характер шумов: из *белого шума* он делается *синим шумом*. Относительно большая интенсивность верхних частот спектра придает изображению «синего» шума мелкозернистый характер, что делает его менее заметным (см. *Взвешенный шум*).

П. к. в., предложенная Г. В. Брауде (СССР) в 1933 г., получила применение во всех *телевизионных камерах*, где используются трубки без внутреннего усиления. Но даже в камерах с *суперортиконом* П. к. в. позволяет подавить действие внешних помех (наводок на вход усилителя), поскольку их спектр сосредоточен в области нижних частот спектра сигналов изображения.

Противоэлектродвижущая сила — э. д. с., возникающая в цепи в направлении, обратном направлению тока в этой цепи. В силу этого П. с. не поддерживает тока в цепи, а,наоборот, препятствует его протеканию в цепи (ток в цепи поддерживается какой-то другой э. д. с., источник которой должен быть включен в цепь, чтобы в ней протекал ток). Например, при вращении электромотора постоянного тока, присоединенного к цепи, питаемой от какого-либо источника э. д. с., вследствие явления *электромагнитной индукции* в обмотке электромотора возникает э. д. с. индукции (так же как и при вращении генератора), которая направлена навстречу току, питающему мотор. Это и есть П. с.. Так как ток направлен в ту же сторону, куда действует э. д. с. источника, то П. с. направлена ей навстречу и, следовательно, сумма э. д. с., действующих в цепи, оказывается меньше, чем э. д. с. источника. В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи при этом уменьшается ток в цепи. Аналогично при зарядке аккумулятора в нем по мере зарядки возрастает э. д. с., которая в этом случае играет роль П. с. (ток при зарядке течет внутри аккумулятора от плюса к минусу), вследствие чего по мере зарядки величина зарядного тока падает.

Проходная емкость диода — емкость, действующая между выводами диода, когда он находится в запертом состоянии (при обратном напряжении). У полупроводниковых диодов П. е. д. складывается из *барьерной емкости p — n* перехода и конструктивной емкости между выводами. П. е. д. ухудшает работу диода на высоких частотах.

Прохоров Александр Михайлович (1916) — советский радиофизик, член-корр. АН СССР, лауреат Ленинской премии. В 1939 г. окончил Ленинградский государственный университет. С 1946 г. заведует лабораторией Физического института имени Лебедева. Имеет ряд работ по теории колебаний, радиоспектроскопии, квантовой радиофизике. С 1959 г. — профессор.

В 1964 г. П. присуждена совместно с *Н. Г. Басовым* и Ч. Таунсом Нобелевская премия за фундамен-

тальные исследования в области квантовой радиофизики, приведшие к созданию генераторов и усилителей нового типа.

Прямое напряжение — напряжение той полярности, при которой диод, $p - n$ переход или другой прибор с односторонней проводимостью хорошо проводит ток.

Прямое сопротивление — электрическое сопротивление вентиля (диода, $p - n$ перехода или другого прибора с односторонней проводимостью) при прохождении через него прямого тока. Различают П. с. для постоянного тока и дифференциальное П. с. Первое характеризует электрическое сопротивление вентиля постоянному току и определяет падение постоянного напряжения на вентиле. Дифференциальное П. с. характеризует сопротивление вентиля небольшим изменением прямого тока и определяет падение переменной составляющей напряжения при работе вентиля в цепи пульсирующего тока. Дифференциальное П. с. играет большую роль при использовании вентиля в качестве коммутационного элемента. Значения как П. с. для постоянного тока, так и дифференциального П. с. могут существенно зависеть от величины постоянного тока, с ростом которого они обычно уменьшаются.

Прямой ток — ток, проходящий через вентиль (диод, $p - n$ переход или другой прибор с односторонней проводимостью) в пропускном направлении, когда сопротивление вентиля мало.

Прямоугольные импульсы — *импульсы* с плоской вершиной и бесконечно короткими *фронтами*.

Практически могут быть получены лишь импульсы, приближающиеся по своей форме к прямоугольным.

Псевдостереофоническое воспроизведение звука — воспроизведение звука, используемое в одноканальных системах вещания с целью приближения к *стереоэффекту*. Простейшая система П. в.з. основана на разделении воспроизводимого радиоприемником диапазона звуковых частот на два поддиапазона — низкочастотный и высокочастотный. Это осуществляется с помощью электрических разделительных фильтров на входе приемника. Введение искусственной задержки во времени (порядка 20 *мсек*) при воспроизведении одного из поддиапазонов создает эффект отрыва звукового образа от громкоговорителя. Если при этом применить *громкоговорящий агрегат*, то эффект пространственного звучания увеличивается. В настоящее время разработаны системы интенсивностной и спектральной псевдостереофонии. Результаты испытания этих систем показали их пригодность для создания специальных эффектов, но информации о реальном расположении источников звука в передающем пункте (например, в студии) радиослушатель не получает. П. в. з. незначительно отличается от монофонического (если в последнем применены выносные громкоговорящие агрегаты) и значительно уступает стереофоническому воспроизведению.

Псофометрическое напряжение — электрическое напряжение, определяемое с учетом поправки на чувствительность уха к отдельным частотным составляющим сложного сигнала. Эта поправка обеспечивает соответствие П. н. *громкости*, получаемой при преобразовании данного электрического сигнала в звуковой. Поправка вносится псофометрическим контуром, представляющим собой электрический четырехполосник, включаемый перед измерительным прибором (вольтметром). П. н. любого электрического сигнала равно напряжению сигнала, имеющего частоту 1000 *гц* и создающего (при преобразовании в звуковой) такую же громкость, как и данный сигнал. Если исследуемый сигнал не имеет частотных составляющих, лежа-

щих в области слышимых *звуковых частот*, то его П. н. равно нулю.

Псофометрический контур применяется в *шумомерах*, шкала которых градуирована в *фонах*, а также при измерениях электрических шумов в системе связи и позволяет оценить мешающее действие шумов при приеме передаваемых сигналов на слух. Псофометрический контур вносит затухание, различное на разных частотах и соответствующее кривым равной громкости.

Пульс-пара — см. *Релейно-контактные генераторы.*

Пульсирующее напряжение — напряжение постоянного направления, но изменяющееся по величине. Такое напряжение дают, например, электрические машины или выпрямители. П. н. содержит *постоянную* и *переменную составляющие*. Чтобы превратить П. н. в напряжение, постоянное также и по величине, необходимо выделить из него постоянную составляющую и преградить путь переменной составляющей. Эту задачу выполняет *сглаживающий фильтр*.

Пульсирующий ток — ток, постоянный по направлению, но изменяющийся по величине. П. т. возникает либо под действием *пульсирующего напряжения*, либо под действием переменного напряжения в цепи с односторонней проводимостью.

Пульт тонмейстера — устройство, содержащее *микрофонные усилители*, систему *аттенюаторов*, *импульсметр* и ряд других элементов для управления студийной радиовещательной передачей. Устанавливается в *студийной аппаратной* напротив звукоизолированного окна в *студию*, через которое *тонмейстер* визуально наблюдает за ходом передачи.

Пучность (напряжения или тока) — см. *Стоячие электромагнитные волны.*

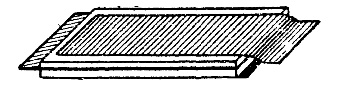
Пуш-пулл — то же, что *двухтактные схемы.*

Пьезокварц — см. *Пьезоэлектрические резонаторы.*

Пьезоэлектрические громкоговорители — см. *Пьезоэлектрические преобразователи.*

Пьезоэлектрические микрофоны — см. *Пьезоэлектрические преобразователи.*

Пьезоэлектрические преобразователи — устройства, преобразующие механические колебания в электрические (или наоборот) с использованием *пьезоэлектрического эффекта*. Одной из основных частей П. п. является пластинка, изготовленная из вещества, обладающего пьезоэлектрическими свойствами. Чаще всего в П. п. применяются пластинки, состоящие из двух склеенных пластинок и называемые биморфным элементом. На



две наружные поверхности наклеиваются тонкие металлические электроды, концы которых соединяются. Между пластинками прокладывается электрод (см. рис.). В зависимости от свойств склеиваемых пластинок можно получить биморфные элементы, работающие на изгиб или на кручение, т. е. основным видом деформации является соответственно изгиб или закручивание биморфного элемента.

П. п. используются в различных областях техники в качестве так называемых пьезоэлектрических датчиков, позволяющих получать переменное напряжение при воздействии на них переменной силы, вызывающей изгибы или закручивание биморфного элемента. Такие датчики применяются, например, в пьезоэлектрических *звукоснимателях* (на биморфный элемент воздействует переменная сила, получаемая в результате скольжения иглы по извилинам бороздки граммофонной пластинки, а переменное на-

пряжение снимается с двух свободных концов электродов), а также в пьезоэлектрических *микрофонах* (переменная сила создается в результате воздействия звуковой волны непосредственно на одну из сторон биморфного элемента или на *диафрагму* микрофона, колебание которой передается элементу).

Датчики обратного действия позволяют получать переменную силу при подведении переменного напряжения к свободным концам электродов. Такие датчики применяются, например, в пьезоэлектрических *рекордерах* или пьезоэлектрических *громкоговорителях*. В последнем случае предусматривается возможность эффективной передачи окружающей воздушной среде механических колебаний биморфного элемента. Для этой цели предусматривается *диффузор*, связанный с биморфным элементом.

Различные пьезоэлектрические датчики используются для измерения (электрическим методом) или возбуждения вибраций в жидких и твердых телах, а также в других специальных целях.

Пьезоэлектрические резонаторы — пластинки (иногда стержни, кольца и т. п.), определенным образом вырезанные из кристаллов кварца, турмалина и других веществ, обладающих *пьезоэлектрическим эффектом*. Если такая пластинка помещается между обкладками конденсатора, питаемого переменным напряжением, то вследствие обратного пьезоэлектрического эффекта она совершает механические колебания, а вследствие прямого эффекта создает одновременно переменное электрическое напряжение на обкладках конденсатора. Когда частота подводимых к пластинке электрических колебаний совпадает с частотой ее собственных механических колебаний, наступает *резонанс*, и амплитуда механические колебаний резко возрастает.

Таким образом, П. р., помещенные между обкладками конденсатора, ведут себя подобно электрическим колебательным контурам, обладающим частотой собственных колебаний, совпадающей с частотой механических колебаний П. р. Вследствие весьма малых потерь П. р. обладают очень высокой добротностью (понятие, аналогичное *добротности контура*). Вместе с тем П. р. обладают большим постоянством частоты, которая мало изменяется от внешних условий. В силу этого П. р. позволяют, например, точно определять частоту действующих на них электрических колебаний в момент резонанса. С другой стороны, применение П. р. взамен колебательных контуров в ламповом генераторе позволяет поддерживать весьма постоянной частоту создаваемых им колебаний («кварцевая стабилизация»).

Пьезоэлектрический эффект — возникновение электрических зарядов на поверхности тела, подвергнутого механической деформации (прямой П. э.), и возникновение механических деформаций тела под воздействием электрического поля (обратный П. э.). Прямой и обратный П. э. всегда сопутствуют друг другу;они имеют широкое применение в технике (*пьезоэлектрические резонаторы*, *пьезоэлектрические преобразователи* и другая аппаратура). П. э. обладают многие кристаллические вещества и керамика, полученная в результате термической обработки соответствующих веществ (кварц, турмалин, сегнетова соль, дигидрофосфат аммония, сульфат лития, титанат бария и многие другие).

Р

Работа выхода электрона — дополнительное количество энергии, которое надо сообщить свободному электрону, находящемуся в твердом теле, для того, чтобы он смог вылететь из этого тела. Р. в. э. расходуется на преодоление сил

притяжения электрона, покидающего тело, к ионам в поверхностном слое тела и зависит от свойств данного материала и от структуры поверхности.

Работа электрических сил — работа, совершаемая силами электрического поля при перемещении электрических зарядов. Когда силы и перемещения совпадают по направлению или прямо противоположны, Р. э. с. выражается произведением действующей силы на величину перемещения. При этом, если направления силы и перемещения совпадают, то работа положительна, а если они прямо противоположны, то работа отрицательна.

Для поддержания электрического тока в *проводниках* в них должно существовать электрическое поле, которое сообщает скорость зарядам, участвующим в образовании тока. При этом силы электрического поля совершают положительную работу, превращающуюся в кинетическую энергию движущихся зарядов. Сталкиваясь с атомами или ионами тела, движущиеся заряды отдают им свою кинетическую энергию, которая идет на нагрев проводника. Таким образом, Р.э.с., поддерживающих электрический ток в проводнике, превращается в тепло. Если *напряженность электрического поля* в проводнике E, то на заряд q действует сила $F = qE$. Когда заряд переместился от начала до конца какого-либо участка проводника на расстояние d, то Р. э. с. $A = qEd$; но $Ed = U$ есть *разность потенциалов* на концах данного участка проводника и, следовательно, работа

$$A = qU.$$

При движении многих зарядов Р. э. с. на участке проводника за время t равна всему количеству электричества Q, протекшему через поперечное сечение проводника за это время, умноженному на разность потенциалов U между концами рассматриваемого участка проводника:

$$A = QU.$$

Поскольку ток $I = Q/t$, то эта работа может быть выражена так:

$$A = UtI;$$

она идет на поддержание постоянной средней скорости движения зарядов по проводнику.

Если заряды не испытывают сопротивления своему движению, например в случае, когда свободные электроны движутся в вакууме, Р. э. с. идет на увеличение кинетической энергии зарядов, т. е. на ускорение их движения. В этом случае Р. э. с., а значит и кинетическую энергию движущихся зарядов (не только электронов, но и любой заряженной частицы, заряд которой равен заряду электрона), удобно выражать в специальных единицах — электрон-вольтах. Один электрон-вольт — это та энергия, которую приобретает электрон, пройдя вдоль направления, противоположного направлению электрического поля (так как заряд электрона отрицателен), путь, соответствующий разности потенциалов в 1 *в*

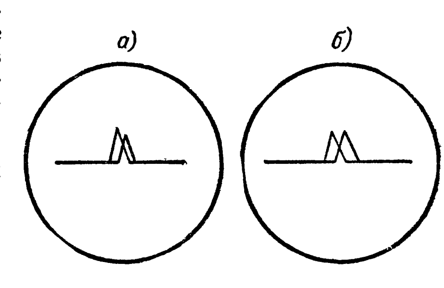
Рабочая температура катода — температура эмиттирующей поверхности катода в нормальных рабочих условиях. Сильно влияет на другие параметры катода — удельную мощность накала, эффективность, долговечность В большой степени определяет тепловой режим других электродов. Колеблется от 2600° К для вольфрамовых катодов до 1000—1100° К для оксидных и некоторых иных активированных катодов.

Рабочая точка — точка на характеристике электронной лампы, соответствующая отсутствию переменных напряжений на электродах лампы или прибора. Положение Р. т. обусловлено постоянными напряжениями на электродах лампы. Выбор Р. т. определяется задан-

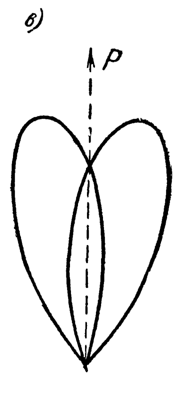
ным режимом работы лампы (см. *Классы усиления*). Так, для усиления в классе А Р. т. должна находиться на прямолинейном участке характеристики, для усиления в классе В или анодного детектирования — на нижнем изгибе характеристики и т. д.

Равновесная концентрация носителей — концентрация свободных электронов и дырок в полупроводнике, обусловленная динамическим равновесием процессов их тепловой генерации и рекомбинации. Генерация носителей происходит благодаря тепловым колебаниям атомов кристалла полупроводника, причем вылет электрона из атома сопровождается появлением дырки, так что генерируются пары электрон — дырка. Темп генерации возрастает с повышением температуры. Рекомбинация, заключающаяся в заполнении дырки путем возврата электрона из свободного состояния в атом, тем вероятнее, чем выше концентрация свободных электронов и дырок. Таким образом, увеличение количества носителей в полупроводнике, вызванное генерацией, сопровождается усилением их рекомбинации, и среднее количество (точнее концентрация) носителей автоматически поддерживается на определенном уровне. Каждой температуре соответствует свое значение Р. к. н. С повышением температуры Р. к. н. быстро возрастает, увеличиваясь в германии и кремнии примерно вдвое на каждые 10° С; этим обусловлено сильное снижение удельного сопротивления полупроводников при повышении температуры.

Равносигнальная зона — направление в пространстве, в котором имеют одинаковую амплитуду радиосигналы, принимаемые или излучаемые двумя антеннами с диаграммами направленности, расположенными под углом друг к другу (направление *P* на рис. *в*). Вместо двух антенн часто применяют одну, диаграмма направленности которой периодически изменяет свое положение.



Р. з. используется в радионавигации для определения направления на источник принимаемых радиоволн. Например, при приеме сигналов *радиомаяка*, создающего Р. з. в нужном направлении полета, одинаковая громкость двух сигналов указывает, что самолет летит в этом направлении. Метод Р. з. широко применяется в *индикаторном устройстве* радиолокатора для определения с высокой точностью угловых координат цели.



Радар — английское наименование *радиолокатора* или *радиолокации*, встречающееся в нашей литературе. Термин этот образован из начальных букв английских слов «радиообнаружение и определение места».

Радар-тестер — комбинированный испытательный прибор для проверки исправности и регулировки радиолокационных станций. Р. представляет собой комбинацию трех приборов: генератора сигнала, термисторного измерителя мощности и резонансного *волномера*. С помощью Р. можно измерить ча-

стоту и мощность передатчика станции, частоту и мощность *гетеродина* приемника, чувствительность этого приемника и произвести некоторые другие измерения.

Генератор сигнала предназначен для испытания приемника радиолокационной станции и определения его чувствительности. В зависимости от диапазона частоты, на которой работает испытуемая станция, генератор работает либо на триоде, приспособленном для работы на сверхвысоких частотах, например на *маячковой лампе*, либо на отражательном *клистроне* или ином маломощном генераторном приборе сверхвысокой частоты.

С помощью измерителя мощности и *аттенюатора* устанавливается уровень сигнала генератора. Тем же измерителем мощности производится измерение и средней мощности передатчика испытываемой радиолокационной станции, предварительно уменьшенной в известное число раз аттенюатором. Измеритель мощности представляет собой мост, в одно из плеч которого включен *термистор*.

Резонансный волномер Р. — это отградуированный в значениях собственной частоты колебательный контур с плавной перестройкой. Обычно в качестве контура используется отрезок *коаксиальной линии* и *объемный резонатор*. С помощью волномера может определяться частота колебаний, излучаемых передатчиком испытываемой радиолокационной станции, частота колебаний гетеродина приемника, а в некоторых Р. — и частота колебаний собственного генератора сигнала.

«Радио» — ежемесячный массовый научно-популярный радиотехнический журнал. Издается с 1924г. (ранее назывался «Радиолюбитель» и «Радиофронт»). Возобновлен изданием с апреля 1946 г. как орган Комитета по радиофикации и радиовещанию при Совете Министров СССР и Центрального совета Осоавиахима СССР. Первый номер «Р.» вышел тиражом 20 000 экз., а в 1965 г. достиг 800 000 экз. С июля 1950 г. «Р.» стал органом Министерства связи СССР и Всесоюзного ордена Красного Знамени Добровольного общества содействия армии (ныне ДОСААФ).

«Радио всем» — двухнедельный журнал Общества друзей радио (ОДР) СССР, основанный в 1925 г. Журнал имел большой по тому времени тираж (60—70 тыс. экз.). С 1927 г. в качестве приложения к «Р. в.» выходил журнал «RA-QSO-RK», переименованный впоследствии в «CQSKW», — орган секции коротких волн ОДР. Вместе с журналом выходили приложения в виде дешевых библиотек радиолюбителя и отдельная библиотечка коротковолновика. С 1930 г. (№ 19—20) стал выходить под названием «Радиофронт».

Радиоальтиметр (радиовысотомер) — прибор для определения высоты полета с помощью радиоволн. В одном из типов Р. короткие импульсы, посылаемые передатчиком, отражаются от Земли и принимаются приемником. Расстояние до Земли определяется по времени, прошедшему между моментами посылки и возвращения сигнала. Другой тип Р. работает с помощью *частотной модуляции*. Частота его передатчика изменяется периодически по «закону пилы», т. е. с постоянной скоростью изменяется от одного крайнего значения частоты до другого, а затем быстро возвращается к исходному значению. Вследствие этого частота волны, отразившейся от Земли и вернувшейся к самолету, отличается от частоты колебаний, создаваемых в данный момент передатчиком, так как за время, пока волны прошли путь до Земли и обратно, частота передатчика успела измениться. По разности этих частот, т. е. по частоте биений, определяется расстояние до Земли.

Радиоастрономия — область астрономии, занимающаяся исследо-

ванием *космического радиоизлучения*. Для наблюдения этого излучения служат *радиотелескопы*, снабженные высокочувствительными приемниками. Высокая чувствительность для применяемых в Р. радиоприемников необходима потому, что, как правило, космическое радиоизлучение, попадающее в антенну радиотелескопа, имеет меньшую мощность, чем мощность собственных *шумов приемника*. Поэтому приходится не только возможно больше снижать уровень собственных шумов приемника, но и применять специальные методы приема, позволяющие выделить принимаемое космическое радиоизлучение на фоне шумов приемника.

Как и оптическая астрономия, Р. получает сведения о строении космических тел и процессах, в них происходящих, в результате исследования свойств электромагнитного излучения, посылаемого этими телами. Но в оптической астрономии наблюдения ведутся на световых и примыкающих к ним ультрафиолетовых и инфракрасных волнах длиной примерно от $3 \cdot 10^{-5}$ *см* до 10^{-3} *см*, а в Р. — на радиоволнах, длиной примерно от 4—8 *мм* и до 15—20 *м*.

Такое расширение диапазона наблюдаемого излучения космических тел открывает новые возможности исследования Вселенной. Они обусловлены прежде всего тем, что многие космические тела (например, солнечная корона и некоторые радиогалактики) очень слабо излучают видимый свет, но являются мощными источниками радиоизлучения. Такие тела трудно, а иногда и невозможно наблюдать в оптические телескопы, но можно наблюдать с помощью радиотелескопов достаточно большой площади, снабженных чувствительными радиоприемниками.

С другой стороны, световые лучи при распространении в космическом пространстве на большие расстояния испытывают значительное ослабление, вызванное космической пылью. Радиоволны не испытывают сколько-нибудь заметного влияния космической пыли, вследствие чего практически без ослабления проходят огромные расстояния, и поэтому радиотелескопы позволяют наблюдать столь удаленные области Вселенной, которые для оптических наблюдений недоступны. Благодаря этому Р. дает возможность не только дополнить и расширить знания о Вселенной, добытые с помощью оптических наблюдений, но и получить сведения о тех удаленных областях Вселенной, в которые оптическая астрономия проникнуть не может.

Р., несмотря на краткость своей истории (она начала быстро развиваться лишь около четверти века тому назад), достигла уже крупных успехов в изучении Вселенной. Многие важные сведения о телах солнечной системы были получены не только в результате исследования собственного радиоизлучения этих тел, но и наблюдения радиоволн, посылаемых с Земли и отраженных этими телами (см. *Радиолокационная астрономия*).

Радиобуй — буй, передающий по радио наблюдательным пунктам, патрульным судам или самолетам шум винтов плывущей вблизи него подводной лодки. Представляет собой герметически закрытый цилиндр, на котором укреплена антенна, а внутри расположен радиопередатчик, питаемый от батарей. С буем соединен находящийся на некоторой глубине подводный микрофон (гидрофон). Последний улавливает все подводные шумы и передает их с помощью радиопередатчика.

Радиовещание — передача программ звукового *вещания* с помощью электромагнитных волн, распространяющихся в пространстве от *антенны* радиостанции. Технически это возможно осуществить при использовании электри-

ческих колебаний высоких частот. Для целей Р. используются различные диапазоны частот в пределах от 100 *кгц* до 100 *Мгц*, что соответствует длинам волн от 300 до 3 *м*. Для передачи сигналов *звуковых частот* в Р. используется *амплитудная* или *частотная модуляция* высокочастотных сигналов электрическими сигналами звуковой частоты. Последние получаются с помощью *микрофона* с последующим усилением и передаются по проводам из *радиодома* на передатчик радиостанции, где и осуществляется соответствующая модуляция. Достигая приемного пункта, электромагнитные волны вызывают электрические колебания в приемной антенне, и после их усиления и *детектирования* в радиоприемнике снова получаются электрические сигналы звуковой частоты, т. е. *сигналы вещательной передачи*, которые преобразуются в звуковые колебания с помощью *громкоговорителя*.

Радиовещание по проводам — см. *Вещание*, *Проводное вещание*.

Радиовещательный тракт — см. *Вещание*, *Радиовещание*.

Радиовещательный узел — комплекс технических средств, обеспечивающих действие системы *вещания* данного населенного пункта. Крупные Р. у., имеющие возможность передавать программы, не только поступающие из других Р. у., но и собственные, называются программными Р. у. или радиовещательными центрами. В данном случае в указанный комплекс входят также *студии* и *студийные аппаратные*.

Радиовзрыватель — взрыватель артиллерийского снаряда, приводящийся в действие заключенным в головке снаряда радиоустройством, которое состоит из небольших передатчика и приемника, работающих на специальных миниатюрных лампах или полупроводниковых приборах. Когда снаряд приближается к цели (например, к самолету), излучаемые антенной снаряда радиоволны отражаются от цели и на определенном расстоянии начинают действовать на приемник, который включает реле, производящее взрыв. Благодаря Р. повышается поражающее действие зенитной артиллерии. В то время как дистанционные трубки, взрывающие снаряд в установленный момент времени, часто приводят к взрывам вдали от цели, Р. обеспечивает взрыв снаряда на близком расстоянии от цели, при котором поражение цели наиболее вероятно.

Радиоволны — *электромагнитные волны*, применяемые для радиосвязи и имеющие длину от 30 000 *м* до долей миллиметра. Р. делятся на длинные волны (с длиной волны 30 000—3 000 *м*), средние (3 000—200 *м*), промежуточные (200—50 *м*), короткие (50—10 *м*), метровые (10—1 *м*), дециметровые (1—0,1 *м*), миллиметровые (10—1 *мм*) и субмиллиметровые (короче 1 *мм*). Все волны короче 10 *м* называют иногда ультракороткими, хотя чаще этот термин применяют только к метровым волнам.

Радиовысотомер — см. *Радиоальтиметр*.

Радиогеодезия — радиотехнические методы измерения расстояний и углов. Измерение расстояний основано на применении различных типов *радиодальномеров*, а измерение углов—на определении направления прихода радиоволн от передатчиков, расположенных в точках, направление на которые должно быть определено (при помощи *радиогониометров*). Наиболее точно углы прихода радиоволн могут быть измерены путем определения разности фаз волны в двух точках, разнесенных на значительное по сравнению с длиной волны расстояние в направлении, перпендикулярном направлению ее распространения. Современная Р., хотя и не может еще по точности конкурировать с наиболее точными геодезическими измерениями углов и рас-

стояний при помощи проволок или лент и оптических приборов, но зато имеет большие преимущества перед обычной геодезией в увеличении скорости и сокращении трудоемкости измерений, особенно в труднодоступных местах.

Радиогониометр — устройство, с помощью которого можно производить *радиопеленгацию* при неподвижной направленной антенне, но при изменении связи с разными ее частями (см. *Радиопеленгатор*). Р. представляет собой вариометр связи (см. *Взаимоиндукция*) с двумя неподвижными катушками, расположенными во взаимно перпендикулярных плоскостях, и одной вращающейся катушкой-искателем. Поворотом искателя можно добиться максимальной связи с одной или с другой неподвижной катушкой. Антенное устройство радиопеленгатора при применении Р. представляет собой две неподвижные направленные антенны (обычно две *рамочные антенны*), также расположенные во взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях, определенным образом ориентированных относительно меридиана. Каждая из двух рамочных антенн присоединена к одной из неподвижных катушек Р. Если катушка-искатель имеет максимальную связь с одной из неподвижных катушек (и, следовательно, минимальную — с другой), то направление максимального приема совпадает с направлением максимального приема той антенны, которая присоединена к данной катушке; если повернуть искатель на 90°, то он будет максимально связан с другой неподвижной катушкой и направление максимального приема совпадет с направлением максимального приема второй неподвижной антенны, т. е. направление максимального приема также повернется на 90°. Можно доказать, что при постепенном повороте искателя, когда связь его с одной из неподвижных катушек убывает, а с другой возрастает, направление максимума приема поворачивается на такой же угол и об этом направлении можно судить по положению искателя.

Радиограмма — телеграмма, переданная на протяжении всего или части ее пути по радио.

Радиодальномеры —приборы для измерения расстояний с помощью радиоволн. Р. бывают импульсные и фазовые (интерференционные). Импульсные Р. основаны на измерении времени распространения коротких радиоимпульсов туда и обратно вдоль измеряемого расстояния. Эти Р. применяются в *радиолокации* и *радионавигации*. Фазовые интерференционные Р., впервые разработанные советскими учеными Л. И. Мандельштамом и Н. Д. Папалекси, основаны на определении числа радиоволн, «укладывающихся» вдоль измеряемого расстояния. Они позволяют измерять расстояния в сотни километров с точностью до стотысячных долей измеряемого расстояния и нашли широкое применение в радионавигации, геодезии и гидрографии.

Радиоимпульс — высокочастотный синусоидальный сигнал, огибающая которого имеет форму видеоимпульса (см. *Импульс*).

Радиоканал — полоса частот установленной ширины, отводимая для радиопередачи данного вида. Например, для радиовещания на длинных и средних волнах каждый Р. должен быть равен 9 *кгц*.

Радиокерамика — см. *Высокочастотная керамика*.

Радиокласс — помещение, оборудованное для обучения передаче и приему на слух телеграфной азбуки.

Радиоклубы ДОСААФ — учебные организации по подготовке специалистов связи, радиолокации и других радиоспециальностей; центры массовой работы по радиоспорту и конструкторской деятельности радиолюбителей. Р. Д. ведут боль-

шую работу по пропаганде радиотехнических знаний и развитию радиолюбительства, проводя лекции, доклады, консультации, тематические вечера, выставки творчества радиолюбителей-конструкторов. Располагая учебными классами, радиолабораториями и мастерскими, Р. Д. предоставляют своим членам возможности для учебной, конструкторской и экспериментальной работы.

Весьма важна роль Р. Д. в развитии радиоспорта, центром которого являются клубные коротко- и ультракоротковолновые радиостанции. Р. Д. проводят различные соревнования по радиоспорту, содействуют подготовке и сдаче радиоспортсменами норм и требований Единой всесоюзной спортивной классификации, создают и тренируют клубные команды, готовят тренеров и судей. Р. Д. оказывают учебно-методическую помощь самодеятельным коллективам и первичным организациям ДОСААФ в подготовке радиоспециалистов. Общее руководство работой радиоклуба и его филиалов осуществляется начальником совместно с советом клуба.

За последние годы широкое развитие получают самодеятельные радиоклубы, работа которых ведется без оплачиваемого штата. Р. Д. помогают таким самодеятельным организациям радиолюбителей техническим оснащением, методическим руководством и консультациями

Радиокомпас — *радиопеленгатор*, автоматически и непрерывно показывающий угол между продольной осью самолета (корабля) и направлением на принимаемую радиостанцию. Представляет собой радиоприемное устройство с антенной направленного действия и визуальным указателем стрелочного типа Р. является дальнейшим совершенствованием *радиополукомпаса* с поворотной рамкой. В Р. рамочная антенна автоматически определяет направление на радиостанцию, на которую настроен приемник. Вращение рамки, осуществляемое электромотором, передается на индикатор, стрелка которого показывает курсовой угол между курсом корабля и направлением на принимаемую станцию.

Радиола — устройство, содержащее радиовещательный приемник, проигрыватель граммофонных пластинок, а в ряде случаев и *магнитофон*. Современные высококачественные Р. позволяют принимать программы *стереофонического радиовещания*, воспроизводить стереофонические записи и имеют *громкоговорящие агрегаты*, оформленные в виде совмещенной, комбинированной или разнесенной системы звуковоспроизведения.

Радиолокатор — устройство, определяющее с помощью радиоволн местоположение какого-либо объекта (корабля, самолета, танка и т. п.). Р. состоит из: а) мощного *импульсного радиопередатчика*, работающего на волнах метрового, дециметрового или сантиметрового (а в некоторых случаях и миллиметрового) диапазонов; б) специальных направленных антенн; в) приемника на ту же волну, что и передатчик; г) индикаторного устройства; д) вспомогательного оборудования.

Короткие импульсы радиоволн, посылаемые передатчиком Р., встретив на пути какие-либо препятствия (например, самолет), частично отражаются от него, возвращаются в Р. и действуют на его приемник С помощью антенны с острой *диаграммой направленности* определяется направление, в котором пришли отраженные импульсы, т. е направление на отражающий объект. По промежутку времени, прошедшему с момента излучения импульса до момента его возвращения, определяется расстояние до отражающего объекта (так как скорость распространения радиоволн известна). Для измере-

ния этого промежутка времени индикаторное устройство Р. отмечает моменты посылки импульса передатчиком и возвращение отраженного сигнала в виде выбросов на экране *электронно-лучевой трубки*. Луч перемещается по экрану трубки с большой и точно известной скоростью. Расстояние между выбросами соответствует времени, за которое сигнал прошел до цели и вернулся обратно. Так как для волн, применяемых в Р., земная атмосфера всегда достаточно прозрачна, работе Р. обычно не препятствуют облачность, туман, осадки.

Современные Р. выполняют самые различные задачи, имеющие большое военное значение. Важнейшие из них следующие:

1) обнаружение наземными Р. самолетов и кораблей на бо́льших расстояниях; в частности, самолеты могут быть обнаружены на расстояниях в 300 *км* и более (станции дальнего обнаружения);

2) наведение по показаниям наземных Р. истребителей на вражеские бомбардировщики (наземные станции наведения);

3) ведение по показаниям наземных или судовых Р. артиллерийского огня по самолетам, кораблям, всплывшим подводным лодкам (станция орудийной наводки);

4) обнаружение прожекторами по показаниям наземных или судовых Р. самолетов без предварительных поисков прожектором (прожекторные радиолокаторы);

5) «слепое» бомбометание по показаниям самолетного Р.;

6) обнаружение с помощью самолетного Р. самолетов противника и ведение прицельного огня по ним.

Кроме того, Р. применяются на морском, речном и воздушном транспорте, в астрономии, метеорологии, геодезии и ряде других областей науки и техники.

Радиолокационная астрономия — область астрономии, использующая методы *радиолокации* для наблюдения небесных тел и исследования их движений, а также изучения свойств поверхности этих тел. Главной задачей Р. а. являются радиолокационные наблюдения Луны и планет. Мощные радиолокационные импульсы, посылаемые с земли в направлении Луны или какой-либо из не слишком удаленных планет, отражаются от них и возвращаются на Землю, где регистрируются специальными высокочувствительными радиоприемниками. Так же как в радиолокации, измеряя промежуток времени между отправлением радиоимпульса и его возвращением на Землю, можно определить расстояние до Луны или наблюдаемой планеты с гораздо более высокой точностью, чем с помощью астрономических наблюдений. Кроме того, детальный анализ отраженных импульсов позволяет определить скорость движения планеты по ее орбите (что важно для уточнения орбит планет) и найти скорость вращения планеты вокруг своей оси и положение этой оси (что особенно важно для Венеры, так как из-за густого, непроницаемого для световых лучей облачного покрова Венеры астрономические наблюдения не могут дать никаких указаний о вращении Венеры вокруг своей оси). Определение скорости движения планеты по орбите, а также угловой скорости вращения планеты вокруг своей оси основано на определении величины *эффекта Допплера* при отражении радиоволн от движущегося объекта. При отражении от движущегося объекта происходит изменение частоты радиоволн (так же, как и при излучении радиоволн движущимся излучателем). Определив, насколько изменились *частоты в спектре* отраженных локационных импульсов по сравнению с частотами в спектре посылаемого импульса, можно определить скорости движения тех областей поверхности планеты, от которых отражаются радиоволны, соот-

ветствующие тем или иным участкам принятого отраженного сигнала. Наконец, сравнивая интенсивности радиоволн, отраженных от различных областей поверхности планеты и соответствующих различным участкам принятого отраженного импульса, можно сделать выводы об отражательной способности различных областей поверхности планеты и отсюда сделать заключения об электрических свойствах отражающей поверхности и ее строении. Попутно методы Р. а. позволяют получить также данные об условиях распространения радиоволн в земной атмосфере и в атмосфере наблюдаемых планет.

Помимо наблюдений Луны и планет, предметом Р. а. являются также наблюдения следов метеоров. Быстродвижущиеся метеорные тела вызывают ионизацию в земной атмосфере и оставляют за собой след из ионизированного газа, существующий достаточное время для того, чтобы можно было наблюдать отражение радиолокационных импульсов от этих следов. Наблюдения следов метеоров методами Р. а. позволяют получить гораздо более полные и точные сведения о числе метеоров, скоростях их движения, направлениях, в которых они приходят на Землю, чем те, которые могут дать оптические наблюдения светящихся следов метеоров.

Радиолокационная станция — совокупность устройств, необходимых для обнаружения и определения радиолокационными методами местоположения различных объектов в воздухе, на воде или на земле. В состав радиолокационной станции, помимо *радиолокатора*, входят источники электропитания, комплекты запасных частей, необходимого инструмента и измерительных приборов. При автономном питании в Р. с. входят также двигатели для агрегатов питания, а для подвижной наземной Р. с. — средства транспорта — автомашины и прицепы.

Р. с. обычно классифицируют по их назначению. Так, различают Р. с.: обнаружения воздушных целей; обнаружения наземных целей; обнаружения подводных целей; орудийной наводки; наведения истребительной авиации; прицельного бомбометания; навигационные; аэродромной службы и др.

Радиолокационное опознавание — определение принадлежности объектов, обнаруженных *радиолокационной станцией*. При обнаружении цели одновременно с *радиоимпульсами*, посылаемыми станцией обнаружения, специальный передатчик-запросчик, связанный с этой станцией, посылает в направлении цели кодированные импульсы — запрос. Если цель (самолет, корабль) принадлежит к своим вооруженным силам, то находящийся на ней приемник принимает эти импульсы, включает передатчик-ответчик, который посылает ответ также в виде кодированных импульсов; соответствие их заданному коду позволяет считать обнаруженный объект своим. При отсутствии ответа или же при несоответствии его кода заданному цель считается вражеским объектом.

Радиолокационный маяк — приемно-передающая станция, работающая по принципу *вторичной радиолокации*. При получении запросных импульсов от корабельной (самолетной) навигационной радиолокационной станции на маяке автоматически включается передатчик-ответчик, дающий ответный сигнал кодом, присвоенным данному маяку. Приняв ответный сигнал маяка, на корабле определяют направление на маяк и расстояние до него (по времени, прошедшему от посылки запроса до получения ответа). Зная координаты данного маяка, можно в полярных координатах (дальность и угол) легко определить свое положение путем построения окружности с центром в месте расположения маяка и с радиусом, равным определенному

расстоянию до него, и прямой в соответствии с определенным направлением на маяк, проходящей через центр окружности. Местоположение корабля определится как пересечение окружности с прямой.

Радиолокационный обзор — обзор пространства вокруг *радиолокационной станции* (или в заданном секторе) с целью обнаружения объектов наблюдения, производимый радиолокационной станцией обнаружения.

Радиолокация — метод обнаружения и определения местоположения различных объектов в воздухе, на воде и на земле посредством облучения их радиоволнами и приема отраженных от них волн. Осуществляется Р. с помощью специальных приемно-передающих радиостанций — *радиолокаторов*.

«Радиолюбитель» — первый советский радиолюбительский журнал, сыгравший большую роль в развитии радиолюбительства в нашей стране. Издавался в Москве с сентября 1924 г. по 1930 г. тиражом до 50 000 экз. В лаборатории «Р.», организованной в 1927 г., было разработано много популярных конструкций приемников усилителей и другой аппаратуры, которые затем описывались в журнале и строились радиолюбителями и радиокружками по всей стране. Редакцией «Р.» был организован с 1926 г. выпуск журнала «Радиолюбитель по радио», который знакомил радиослушателей с новостями радиотехники, новой аппаратурой и радиотехнической литературой, давал советы начинающим радиолюбителям, помогал обмену опытом между радиокружками и радиолюбителями. В 1931 г. «Р.» был объединен с журналом «Радиофронт».

Радиолюбительские диапазоны — небольшие участки диапазона коротких и ультракоротких волн, на которых радиолюбителям-коротковолновикам предоставлено право работать для связи между собой.

Радиолюбительский код — специальный условный международный код, применяемый для переговоров между радиолюбителями — коротковолновиками всего мира дополнительно к основному *Ку-коду*. Р. к. представляет собой сокращения некоторых английских слов или сочетания цифр. Обычно от каждого слова берутся первая и последняя буквы либо наиболее существенные согласные. В этом коде до 250 различных слов и обозначений, при помощи которых коротковолновики могут обменяться данными о слышимости, условиях прохождения радиоволн, погоде и особенностях своей аппаратуры. Кроме возможности общения между коротковолновиками различных национальностей, Р. к. значительно ускоряет ведение радиообмена, так как некоторые сочетания букв и цифр в нем означают целые фразы. Так, цифры 73 означают «наилучшие пожелания», «Гухор» означает «Я Вас не слышу».

Радиомаяк — передающая радиостанция, посылающая непрерывно или импульсами определенные сигналы в одном или нескольких направлениях (при помощи направленных антенн). Принимая эти сигналы, морской или воздушный корабль может по ним определить направление, в котором он находится по отношению к маяку.

Радиометеорология — область метеорологии, с одной стороны, применяющая средства радиотехники для метеорологических исследований, а с другой, изучающая влияние метеорологических факторов и процессов в тропосфере на распространение радиоволн (их преломление, рассеяние и поглощение). Из радиотехнических средств, применяемых для метеорологических исследований, наиболее важную роль играет *радиолокация*. Отражение и рассеяние радиоволн атмосферными неоднородностями позволяет применить методы радиолокации для исследования облаков,

осадков, наблюдения за их образованием и перемещением, оценок турбулентности атмосферы и т. п. Детальные сведения о состоянии атмосферы, полученные в результате подобных наблюдений, позволяют оценить величину эффектов преломления, рассеяния и поглощения радиоволн при данном состоянии атмосферы и на основании этих оценок, например, определить ошибки в показаниях локаторов, вызванные преломлением радиоволн в тропосфере, и ввести соответствующие поправки, определить сокращение дальности действия локатора из-за повышения рассеяния и поглощения радиоволн в тропосфере и т. п.

Радионавигационная гиперболическая система — система для определения места корабля (самолета) по измеренной разности расстояний до двух пар береговых (наземных) радиостанций, координаты которых известны. Предположим, что одна пара радиостанций, связанных между собой синхронной связью, одновременно излучает радиоимпульсы с определенной частотой следования. Приемник на корабле принимает их, но так как расстояние от корабля до каждой станции неодинаково, импульсы принимаются не одновременно, а со сдвигом во времени, пропорциональным разности расстояний до станций. Эта разность определяется в некотором масштабе по разности положения принятых импульсов на развертке электронно-лучевой трубки.

Все точки, разность расстояний от которых до двух известных точек одинакова, лежат на одной гиперболе; действительная ось ее совпадает с линией, соединяющей эти известные точки, а сами точки являются фокусами гиперболы. Тем самым определяется одна из линий положения — гипербола. Повторив все еще раз для другой пары береговых станций, определяют вторую линию положения — вторую гиперболу. Очевидно, что местом корабля будет точка пересечения этих гипербол. Нанося гиперболы на карту, легко определяют координаты корабля. В действительности каждая пара береговых станций посылает импульсы не одновременно, ибо это трудно осуществимо. Одна из станций пары является задающей — она излучает импульс, принимаемый кораблем; но он же принимается и другой станцией пары — ведомой. По получении данного импульса ведомая станция посылает свой импульс с запозданием относительно импульса задающей станции на время прохождения электромагнитной волны от задающей станции до ведомой и еще на некоторое время срабатывания автоматики на ведомой станции. Это время запаздывания постоянно и соответствующая поправка при определении разности расстояний от корабля до обоих станций пары может быть легко введена.

Вместо двух пар береговых станций можно обойтись тремя станциями — задающей и двумя ведомыми. Обычно задающая работает с каждой ведомой поочередно. Существенным преимуществом такой системы является то, что на корабле или самолете работает только приемник, никаких излучений радиоволн станции Р. г. с. кораблей не ведут, т. е. работа ими осуществляется скрытно.

Разность расстояний может определяться не только по времени запаздывания одного принятого импульса относительно другого (импульсная разностно-дальномерная система), но и по разности фаз электромагнитных волн, приходящих от двух радиостанций одной пары, излучающих *когерентные колебания*, т. е. такие, частоты и начальные фазы которых жестко связаны (фазовая разностно-дальномерная система).

Радионавигационная дальномерная система — см. *Радионавигационная круговая система.*

Радионавигационная круговая система — система, дающая возможность определить место корабля (самолета) по измеренным расстояниям от него до двух неподвижных береговых (наземных) станций, координаты которых известны. Если определено расстояние до одной станции, то линией положения корабля будет служить окружность с центром в месте расположения данной станции и с радиусом, равным измеренному расстоянию. По измеренной дальности до второй станции определяется вторая линия положения — вторая окружность. Две точки пересечения этих окружностей дают два возможных места положения корабля или самолета. Для случая определения своего места кораблем задача обычно решается однозначно, так как одна из точек пересечения окружностей часто будет находиться на суше.

Определение дальностей в Р.к.с. может производиться импульсным методом с применением принципа вторичной радиолокации. Передатчик корабля (запросчик) посылает импульсы с определенной частотой следования, которые, будучи приняты приемниками береговых станций, запускают передатчики-ответчики (см. *Вторичная радиолокация*). Излученные ответные импульсы принимаются приемником корабельной станции. По времени, прошедшему от момента посылки импульса до прихода ответного импульса, можно судить о дальности до каждой береговой станции. Измерение времени производится с помощью развертки на экране электронно-лучевой трубки, как в обычном радиолокаторе.

Другой метод определения дальности до береговых станций — фазовый, при котором о дальности судят по разности фаз посылаемого и принимаемого ответного колебаний (радионавигационная фазовая дальномерная система). Аналогично можно определить место корабля с помощью радиолокационной станции, измеряя расстояние до двух каких-либо объектов на берегу, координаты которых известны. Но на побережье часто отсутствуют четкие радиолокационные ориентиры, а если они и есть (скалы, высокие здания и т. п.), то точные их координаты обычно неизвестны, и точность определения места корабля получается недостаточной для выполнения задач кораблевождения. Наконец, отраженные от тех или иных береговых объектов импульсы могут быть весьма слабыми, что уменьшает дальность возможного их приема.

Радионавигационная полярная система — сочетание *радионавигационных угломерных систем* с дальномерными (импульсными или фазовыми). В этой системе определение своего места производится в полярных координатах — по углу и расстоянию; линиями положения будут одна окружность (см. *Радионавигационная круговая система*) и одна прямая, а местом корабля — место их пересечения на карте. Для такого определения своего места может быть использован всенаправленный *радиомаяк* и *радиодальномер* или *радиолокационный маяк*.

Радионавигационная разностно-дальномерная система — см. *Радионавигационная гиперболическая система*.

Радионавигационные импульсные системы — системы, в которых необходимые расстояния (например, см. *Радионавигационная круговая система*) определяются по времени, прошедшему от момента посылки импульса до получения ответного; или разность расстояний (см. *Радионавигационная гиперболическая система*) определяется по времени, прошедшему от момента прихода одного импульса до момента прихода второго, если момент посылки этих импульсов совпал.

Радионавигационные угломерные системы — радионавигационные

системы, в которых определение своего места кораблем (самолетом) осуществляется только путем измерения углов. Например, можно наземным *радиопеленгатором* определить (с последующей передачей по радио на корабль) угол между меридианом и направлением прихода радиоволны от корабля; можно определить угол между меридианом направленного *радиомаяка* и направлением прихода к кораблю радиоволны, принятой ненаправленным приемным устройством; можно определить корабельным радиопеленгатором угол между диаметральной плоскостью корабля (осью самолета) и направлением прихода радиоволны ненаправленного радиомаяка (курсовой угол на маяк) и др. Все линии положения в этих системах будут прямыми, что облегчает прокладку на карте для определения своего места, курса и т. п.

Радионавигационные фазовые системы — системы, в которых определение расстояний до объектов производится фазовым методом, т.е. путем измерения разности фаз электромагнитного колебания, излучаемого передатчиком и возвратившегося к нему после отражения от объекта; или разности фаз излучаемого колебания и колебания, приходящего от ответчика, например, при определении расстояния до *радиолокационного маяка.* При измерении разности расстояний до двух разнесенных точек (см. *Радионавигационная гиперболическая система*) производится измерение разности фаз колебаний, поступающих от двух передатчиков, если они излучают *когерентные колебания.*

Радионавигация — область науки и техники, объединяющая различные радиотехнические методы вождения судов и самолетов. Задачами Р. являются выбор правильного курса и определение географических координат морского или воздушного корабля. В одних случаях путем приема сигналов, посылаемых специальными *радиомаяками*, определяется направление на маяк; в других случаях специальное приемное устройство — *радиокомпас*, установленный на самолете или корабле, позволяет по сигналам любой наземной радиостанции определить направление на нее. Используя *радиолокационный маяк*, можно определить направление на него и расстояние до него. Наконец, задачи навигации могут быть решены с помощью специальных радионавигационных систем (см. все термины от *Радионавигационная гиперболическая система* до *Радионавигационные фазовые системы*).

Радиопеленгатор — радиоприемное устройство, позволяющее определять направление прихода радиоволн (направление на какую-либо точку называется пеленгом). Р. состоит из радиоприемника с антенной направленного действия, например *рамочной антенной*, которую можно поворачивать вокруг вертикальной оси. Вращая антенну до получения в радиоприемнике минимума или максимума принимаемого сигнала, по положению антенны в этот момент определяют направление от Р. на пеленгуемую радиостанцию.

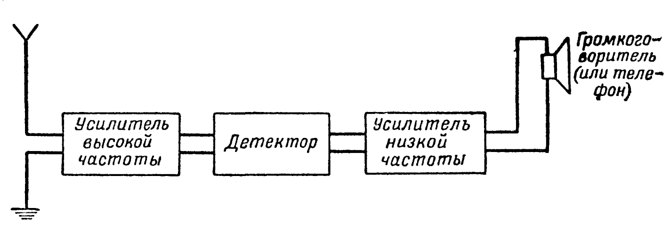
В простейших Р. антенну вращают вручную, а минимум или максимум принимаемого сигнала определяется на слух, после чего отсчитывают радиопеленг по специальной шкале. В более сложных Р. процесс радиопеленгования осуществляется автоматически (см. *Радиокомпас*). Р. широко применяются в *радионавигации* и *радиоразведке.* Существуют также Р., в которых вместо механического вращения направленной антенны направление максимального приема поворачивается в пространстве электрическими методами, например введением соответствующих *сдвигов фаз* между сигналами, принимаемыми на разные части непод-

вижной антенны, или изменением связи между этими частями антенны.

Радиопеленгация — определение направления прихода радиоволн. Р. осуществляется посредством специальных *радиопеленгаторов*. Одним радиопеленгатором можно определить только направление, в котором находится принимаемая станция. Два радиопеленгатора, расположенные на достаточно большом расстоянии друг от друга, позволяют определить пункт, где находится принимаемая станция (запеленговать станцию), так как он расположен в точке пересечения обоих направлений, найденных с помощью радиопеленгаторов. Р. является существенной частью работы радиолокатора. Определение угловых координат цели в радиолокации производится посредством Р. (см. *Индикаторное устройство*).

Радиополукомпас — самолетный *радиопеленгатор* с визуальным указателем наличия отклонения продольной оси самолета (корабля) от направления на принимаемую радиостанцию. В отличие от *радиокомпаса* Р. не показывает непрерывно направления на радиостанцию. При помощи Р. можно определить это направление, только проделав некоторые манипуляции и вычисления. Р. имеет ограниченное применение, так как вытесняется *радиокомпасом*.

Радиоприемник прямого усиления — приемник, в котором усиление сигналов высокой частоты происходит без преобразования частоты вплоть до детектора. Полученные после детектирования колебания звуковой частоты обычно также усиливаются, чтобы создать на выходе приемника мощность, нужную для работы громкоговорителя или телефона.



Блок-схема Р. п. у. показана на рис. Применяется следующее условное обозначение Р. п. у. Буквой V обозначается ламповый детектор. Число каскадов усиления высокой частоты указывается цифрой до буквы V, а число каскадов усиления низкой частоты — цифрой после буквы V. Например, 0-V-1 означает двухламповый приемник без усиления высокой частоты и с одним каскадом усиления низкой частоты, 1-V-2 — четырехламповый приемник, имеющий один каскад усиления высокой и два каскада усиления низкой частоты.

Радиопрогнозы — прогнозы состояния *ионосферы*, определяющего условия распространения коротких радиоволн. Р. даются на основании текущих данных о состоянии ионосферы, наблюдений Солнца (тех факторов, которые влияют на состояние ионосферы), а также анализа состояния солнечной активности. Р. позволяют заранее выбрать наиболее благоприятные длины волн для коротковолновой радиосвязи.

Радиопромышленность — промышленность, производящая аппаратуру и оборудование для радиосвязи, радиовещания, телевидения, радионавигации, радиолокации, автоматики и телемеханики, электровакуумные и полупроводниковые приборы, радиодетали и т. д.

Радиоразведка — совокупность радиосредств, позволяющих по работе неприятельских радиостанций и перехвату их радиопередач получить сведения о группировке частей, деятельности и намерениях противника. К средствам Р. относятся специальные станции слежения и пеленгаторные станции.

Радиорелейная линия связи — цепь передающих и приемных радиостанций, из которых две оконечные обслуживают корреспондентов, а промежуточные (ретрансляционные) принимают сигналы от предыдущей станции и передают их на следующую. Р. л. с. работают в диапазоне дециметровых и сантиметровых волн. Оконечные станции работают как обычные радиостанции, а ретрансляционные станции управляются посредством радиосигналов, посылаемых с одного или другого конца линии. Соседние станции Р. л. с. должны находиться на расстояниях, не превосходящих дальности распространения волн. При малых мощностях передатчиков ретрансляционных станций дальность распространения дециметровых и сантиметровых волн не превышает пределов прямой видимости. При мачтах высотой 50—70 *м* это соответствует расстоянию между соседними станциями в 50—60 *км*. Существенное значение при этом имеет рельеф местности. Установка радиостанций на возвышенностях увеличивает дальность их действия и позволяет уменьшить число ретрансляционных станций. Каждая из оконечных станций является как передающей, так и приемной.

Промежуточные (ретрансляционные) станции оборудуются двумя передатчиками и двумя приемниками и снабжаются четырьмя антеннами — для одновременной передачи и приема в двух направлениях. Антенны передатчиков и приемников Р. л. с. обладают высоким направленным действием и ориентируются в направлении на соседнюю станцию. Путем повышения мощности передатчиков можно повысить дальность их действия и обеспечить связь на расстояниях, превышающих пределы прямой видимости (см. *Сверхдальнее распространение* ультракоротких волн), что позволяет значительно увеличить расстояние между ретрансляционными станциями.

Р. л. с. являются многоканальными, т. е. позволяют вести одновременно большое число телефонных переговоров и передавать несколько телевизионных программ. Это обеспечивается тем, что на дециметровых и сантиметровых волнах можно передавать колебания, занимающие очень широкую полосу частот — порядка десятков и даже сотен мегагерц. Р. л. с. значительно экономичнее линий проводной связи. Они не требуют большого количества металла, идущего на провода, и могут быть построены гораздо быстрее при меньшей затрате сил и средств, чем проводные кабельные линии.

Радиосвязь — передача телеграфных и телефонных сообщений по радио между определенными корреспондентами.

Радиосвязь вдоль проводов — передача сигналов посредством радиоволн, распространяющихся вдоль проводов в виде *бегущих электромагнитных волн*. Р. в. п. применяется в тех случаях, когда между пунктами имеются проводные линии, предназначенные для другой цели, например линии электропередачи или линии сигнализации и блокировки (вдоль железных дорог). При Р. в. п. энергия радиоволн почти не рассеивается в пространстве, и поэтому для такой связи требуются гораздо меньшие мощности, чем для обычной радиосвязи. Для Р. в. п. используются радиопередатчики и радиоприемники такого же типа, как и для обычной радиосвязи, но вместо антенн они присоединяются к элементам, обеспечивающим ин-

дуктивную или емкостную связь с проводной линией.

Радиосекстан — навигационный прибор, по своему назначению аналогичный оптическому секстану, но определяющий не высоту видимых светил, а высоту того или иного известного источника *космического радиоизлучения*. С помощью остро направленной антенны определяется направление на какой-либо известный источник радиоизлучения, что дает возможность определить координаты точки, из которой ведутся наблюдения. Преимущество Р. перед оптическим состоит в том, что Р. позволяет вести наблюдения при любых метеорологических условиях (в отличие от оптического секстана), так как для не слишком коротких радиоволн (например, длиннее 3 *см*) земная атмосфера всегда достаточно прозрачна.

Радиосеть (в военной радиосвязи) — группа радиостанций, работающих между собой по определенным линиям связи. Радиостанции сводятся в сети так, чтобы Р. обеспечивали связь начальника с подчиненными ему войсками. Радиостанция при старшем начальнике является главной в сети. Она руководит работой сети, следит за правильным применением волн, позывных и т. д. Р. получает название того штаба, при котором находится главная радиостанция. Например, Р., обеспечивающая связь полка с батальонами, имеет главную станцию при штабе полка и называется полковой.

Радиоспектроскопия — новая область радиофизики, занимающаяся исследованием *линейчатых спектров* атомов и молекул в диапазоне радиоволн. В спектрах атомов и молекул наряду с линиями, лежащими в области инфракрасных и более коротких волн, обнаруживаются линии, лежащие в области радиоволн миллиметрового и сантиметрового диапазонов (а иногда и более длинных волн). Исследование этих спектральных линий, лежащих в диапазоне радиоволн (измерения частоты колебаний, изучение контуров линий и т. д.) осуществляются с помощью радиоаппаратуры соответствующих диапазонов, позволяющей производить эти измерения с гораздо большей точностью, чем в оптической спектроскопии. Р. может дать такие сведения о структуре молекул и характеристиках атомных ядер, которых не может дать оптическая спектроскопия.

Наличие «радиолиний» в спектрах атомов и молекул означает, что наряду со световыми (а также ультрафиолетовыми и инфракрасными) квантами атомы и молекулы излучают кванты гораздо меньшей энергии (так как энергия кванта пропорциональна частоте линий). Таким образом, Р. отличается от оптической спектроскопии тем, что Р. имеет дело с квантами гораздо меньшей энергии, чем оптическая, т. е. изучает явления, связанные с гораздо меньшими изменениями энергии атомов и молекул, чем оптическая спектроскопия. Развитие Р. привело к созданию *квантовых генераторов* и усилителей (в диапазоне дециметровых и сантиметровых волн), нашедших важные применения в радиотехнике.

Радиоспорт — соревнования по установлению наибольшего количества дальних двусторонних радиосвязей или наблюдений за приемом наибольшего количества дальних радиостанций в течение длительного промежутка времени или в течение суток, а иногда и часов. Р., зародившийся вместе с развитием коротковолнового любительства, в послевоенные годы получил особенно широкое развитие под руководством ДОСААФ. Получили распространение новые виды Р. — например *охота на лис*, *полевой день*, *многоборье радистов*.

Радиостанция — комплекс устройств, предназначенный для передачи и приема радиоволн. В зави-

симости от назначения Р. делятся на передающие, приемные и приемно-передающие.

Радиостудия — см. *Студия.*

Радиотелеграфия — передача по радио условных сигналов, соответствующих различным буквам и цифрам, например, при помощи *телеграфной азбуки.* На передающей станции эти сигналы создаются с помощью телеграфного ключа или специального прибора — трансмиттера, включенного в передатчик. На приемной станции сигналы после детектирования и соответствующего усиления принимаются на слух или специальным буквопечатающим приемным телеграфным аппаратом.

Радиотелеизмерения — область телеизмерительной техники, использующая для передачи результатов измерения специальные радиолинии, называемые радиотелеметрическими. Системы Р. дают возможность одновременного измерения с достаточно малыми погрешностями (от 0,2 до 3%) многих разнообразных физических величин с использованием одной радиолинии. Уплотнение многоканальных линий Р. осуществляется обычными методами *многоканальной радиосвязи.*

Радиотелескоп — специальное радиоприемное устройство, предназначенное для приема и исследования *космического радиоизлучения.* Р. состоит из антенны, радиоприемника и регистрирующего устройства. Однако специфические задачи обнаружения и исследования космического радиоизлучения требуют применения в Р. специальных антенн, радиоприемников и регистрирующих устройств. Прежде всего, для того чтобы обеспечить возможность приема очень слабого космического радиоизлучения (а значит, наблюдения очень удаленных его источников), антенна Р. должна иметь большую площадь. При данной плотности потока энергии (см. *Умова—Пойнтинга вектор*) от какого-либо источника космического радиоизлучения мощность попадающего в антенну излучения равна произведению величины вектора Умова—Пойнтинга на эффективную площадь антенны, составляющую примерно половину ее геометрической площади. Поэтому чем больше эффективная площадь антенны и чем выше чувствительность радиоприемника, тем меньшей плотности поток радиоизлучения может быть обнаружен Р.

Но, помимо обнаружения слабых источников, Р. должен обеспечить возможность наблюдать раздельно каждый источник радиоизлучения, сравнивать плотности потоков, исходящих от отдельных участков его поверхности. Для этого Р. должен обладать высокой разрешающей способностью, т. е. способностью раздельно наблюдать каждый из двух источников, находящихся на малом угловом расстоянии друг от друга. Иначе говоря, телесный угол раствора диаграммы направленности Р. должен быть достаточно мал. Для этого отношение «раскрыва» (поперечного размера) антенны к длине волны, на которой работает Р., должно быть велико. Данное условие трудно выполнить потому, что, с одной стороны, чем больше размеры Р., тем труднее сделать его поверхность достаточно точной, а с другой стороны, чем короче та наименьшая длина волны $\lambda_{мин}$, на которой работает Р., тем меньше допустимые отклонения поверхности антенны от теоретически заданной ее формы (ошибки не должны превышать $0{,}1\lambda_{мин}$). Однако, несмотря на трудность выполнения этих двух противоречивых требований, в последнее время созданы Р., в раскрыве которых укладывается несколько тысяч длин волн.

Радиотелеуправление — область *телемеханики,* использующая для передачи команд радиоканалы и радиолинии (в том числе радионавигационные каналы и системы,

радиопеленгационные и радиолокационные каналы, телевизионные радиолинии). Особенно широкое распространение получает Р. движущимися объектами. В этом случае отклонение траектории движущегося объекта от заданной определяется при помощи средств визирования. На пункте управления, в соответствии с выбранным законом формирования команды, оператором или вычислительными машинами формируются команды управления, которые затем передаются к объекту по радиоканалу. В результате исполнения принятых команд обеспечивается необходимая коррекция траектории объекта.

Радиотелефония — передача по радио звуков голоса, музыки и т. д.

Радиотехника — научно-техническая дисциплина, теоретически и практически разрабатывающая методы и средства беспроволочной передачи сигналов (в широком смысле) посредством электромагнитных волн. Диапазон волн, используемых для радиосвязи, по мере развития Р. постепенно расширялся и теперь занимает широкий участок спектра электромагнитных волн, начиная от миллиметровых и кончая километровыми (см. *Радиоволны*).

Методы и приборы, созданные первоначально для решения задач собственно Р., в дальнейшем проникли не только в области науки и техники, которые с самого своего возникновения соприкасались с Р., например — *автоматику*, *телемеханику*, *кибернетику*, *электронную вычислительную технику*, но и в такие области науки, которые прежде никаких точек соприкосновения с Р. не имели (например, биологию, медицину). Среди приборов, применявшихся в Р., наиболее широкое применение в других областях науки и техники нашли сначала электронные, а затем полупроводниковые приборы (последние в большинстве случаев с успехом могут заменить первые и обладают при этом рядом преимуществ).

«Радиотехника» — ежемесячный научно-технический и теоретический журнал — орган Научно-технического общества радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова. Журнал освещает работы научно-исследовательских институтов, лабораторий, втузов и отдельных специалистов по новейшим теоретическим вопросам радиотехники. Издается с апреля 1946 г.

«Радиотехника и электроника» — ежемесячный научный журнал, орган Академии наук СССР. Публикует теоретические и эспериментальные работы в области радиотехники и электроники. Помещает также обзоры развития разных разделов радиотехники и электроники, отчеты о конференциях и совещаниях по радиотехнике и электронике, проведенных в учреждениях АН СССР. Публикует сведения о новых книгах.

Радиоточка — см. *Радиотрансляционная точка.*

Радиотрансляционная линия — см. *Вещание*, *Проводное вещание.*

Радиотрансляционная сеть —см. *Проводное вещание.*

Радиотрансляционная точка — см. *Абонентская установка системы проводного вещания.*

Радиотрансляционный узел —см. *Радиовещательный узел*, *Вещание*, *Проводное вещание.*

Радиоузел — 1) пункт, в котором осуществляется радиосвязь (передача или прием) одновременно с несколькими корреспондентами. 2) То же, что *радиотрансляционный узел.*

Радиофизика — совокупность разделов физики, составляющих физические основы *радиотехники* и *электроники.* Прежде всего это учение об электромагнитных колебаниях и волнах, рассматривающее вопросы возбуждения и преобразования электромагнитных колебаний, излучения, распростра-

нения и приема электромагнитных волн во всем диапазоне *радиоволн*. В процессах возбуждения и преобразования электромагнитных колебаний важную роль играют нелинейные системы и соответственно в Р. важное место занимает теория *нелинейных колебаний*. Далее, в радиотехнике и электронике важную роль играют хаотические колебания в электрических цепях (см. *Электрические флуктуации*), в связи с чем в Р. в качестве важного раздела входит статистическая радиофизика, рассматривающая эти случайные процессы в электрических цепях. Наконец, в Р. в качестве одного из основных разделов входят проблемы электроники, связанные с работой электронных, ионных и полупроводниковых приборов, применяемых в радиотехнике.

Р. непосредственно соприкасается с другими разделами физики, например, с геофизикой в вопросах распространения радиоволн в ионосфере, с *радиоастрономией* в вопросах о методах обнаружения и исследования *космического радиоизлучения*, с оптикой в вопросах *квантовой радиоэлектроники* и т. д.

«Радиофронт» — радиолюбительский журнал, в который был реорганизован в 1930 г. журнал «Радио всем» Общества друзей радио СССР (ОДР). В 1931 г. в Р. влился журнал «Радиолюбитель» До марта 1933 г. Р. был органом Центрального совета ОДР и ВЦСПС, а затем Всесоюзного радиокомитета и Центрального совета Осоавиахима. Выходил до начала Великой Отечественной войны. По инициативе редакции журнала проводились ежегодные всесоюзные заочные радиовыставки и всесоюзные конкурсы радистов.

При редакции работала лаборатория, где разрабатывались конструкции радиолюбительских приемников, телевизоров, измерительных приборов и другой радиоаппаратуры. Отдел письменной консультации отвечал ежегодно на тысячи писем радиолюбителей. Тираж журнала в 1941 г. составлял 60 000 экз. В 1946 г. журнал снова стал издаваться под названием «Радио».

Радиоэлектроника — термин, охватывающий *радиотехнику*, *электронику* и все многочисленные применения этих дисциплин в самых разнообразных областях науки и техники (математике, физике, химии, геологии, биологии, медицине, энергетике, сельском хозяйстве и т. д.).

Радиоэхо — явление повторения радиосигналов, наблюдаемое иногда при приеме коротких волн. Р. объясняется тем, что короткие волны могут достигнуть приемника не только по кратчайшему пути, но и огибая земной шар в противоположном направлении или даже обогнув земной шар более чем один раз. Явление Р. нередко вызывает искажение передачи при дальних радиосвязях. Для их устранения приходится принимать специальные меры.

Радист — работник, обслуживающий приемо-передающую радиостанцию.

Разборные электронные лампы — мощные генераторные лампы специальной конструкции, которые можно быстро разобрать и собрать. В случае выхода из строя какого-либо электрода лампу можно разобрать и легко устранить неисправности. После сборки лампа откачивается до высокого вакуума и снова может работать. Насосы и приборы для получения и контроля вакуума входят в конструкцию лампы. Для достижения в лампе высокого вакуума все ее части, составляющие внешнюю оболочку, как металлические (анод, кольцевые выводы), так и изоляторы пришлифованы друг к другу и при сборке, в местах соединения, покрываются специальной мастикой. Тем не менее Р. э. л. могут работать только при непрерывной откачке, т. е. во время работы лам-

пы работают также насосы, создающие и поддерживающие вакуум.

Первые Р. э. л. полезной мощностью 250 *квт* были созданы в СССР в 1933—1934 гг. Впоследствии у нас были построены Р. э. л. мощностью 500 *квт* и более.

Разборчивость речи — отношение числа правильно воспринятых слушателем элементов речи к общему числу переданных. В теории Р. р. различается разборчивость тех или иных ее элементов — *формант*, звуков (фонем), звукосочетаний (слогов), слов и фраз (смысловая разборчивость). Между этими видами разборчивости существует определенная зависимость. Р. р., передаваемой с помощью электроакустической системы связи, зависит от многих факторов, среди которых важнейшее значение имеют отношение *уровня* передаваемого сигнала к уровню шумов и частотные свойства передающей системы.

Теория Р. р. широко используется при проектировании обычных электроакустических систем телефонной связи, а также устройств, предназначенных для объективного распознавания звуков речи и реагирующих на речевой сигнал, устройств, компрессирующих этот сигнал, устройств синтетической речи и многих других.

Развертка — движение электронного луча или целого электронного изображения, которое осуществляется по определенной траектории с известной скоростью и имеет целью отобразить какой-либо процесс во времени. Р. создается с помощью электрического, магнитного или комбинированного полей, изменяющихся по некоторому, обычно периодическому, закону. При линейной Р. шкала времени t превращается в шкалу расстояний x, где $x = v_x t$ и v_x — скорость Р. вдоль оси x.

В электронно-лучевых трубках Р. осуществляют независимо в двух, обычно взаимно перпендикулярных направлениях x и y. Если какой-либо процесс или колебание, происходящее по закону $Y = f(t)$ (Y — линейное или угловое перемещение, звуковое давление, ток, сила, и т. д.), превратить в пропорциональное напряжение, то с помощью развертки $x = v_x t$ и $y = k_y Y$ изучаемое колебание $f(t)$ отобразится на экране трубки кривой $y = k_y f(x/v_x)$. Выбрав масштабы вдоль осей y и x так, чтобы $v_x = k_y = 1$, получим $y = f(x)$. Кривая $y = f(x)$ называется *осциллограммой* процесса (колебания) $Y = f(x)$.

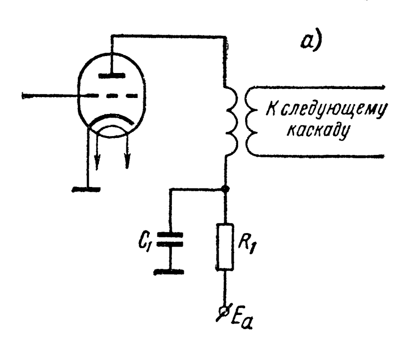
В зависимости от закона отклонения луча различают Р. прямолинейные, круговые, спиральные и т. д. Р. лежит в основе действия *осциллографов*, *осциллоскопов*, индикаторов радиолокационных станций. В *телевизионной технике* Р. — основной процесс, позволяющий преобразовать оптическое изображение в сигнал и обратно.

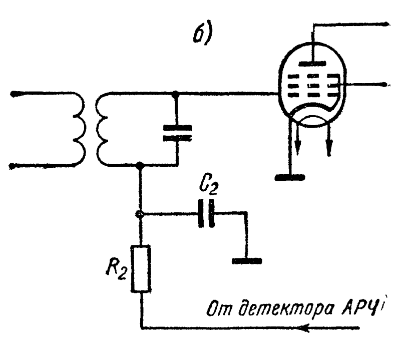
Развертка изображения — процесс обхода оптического или *электронного изображения* передаваемых объектов, *потенциального рельефа* на *мишени* передающих трубок или самих объектов (см. *Камера с бегущим лучом*) в определенном порядке: элемент за элементом, *строка* за строкой и кадр за кадром. В результате Р. и. получаются *сигналы изображения* (см. *Телевизионная техника*). Р. и. в передающих трубках называется часто *считыванием*, а в приемных — *записью изображений*.

Развертывающее пятно — сечение электронного считывающего луча у *мишени передающих телевизионных* и *накопительных трубок*.

Развязывающие фильтры («развязки») — фильтры, составленные из активного сопротивления и емкости, применяемые в различных схемах для того, чтобы воспрепятствовать проникновению переменных токов из цепей одних каскадов в другие какими-либо косвенными

путями, например через общие источники питания. Так, для того, чтобы переменная составляющая анодного тока лампы не попадала в анодный источник (откуда она может проникнуть в цепи других ламп), служит Р. ф. R_1C_1 (см. рис. *а*). Если емкостное сопротивление C_1 гораздо меньше сопротивления R_1, то переменная составляющая анодного тока замкнется через C_1 и не попадет в выпрямитель. Чтобы переменные токи из цепи сетки лампы не попадали в цепь автоматической регулировки чувствительности (откуда они могут проникнуть в цепи других ламп), служит Р. ф. R_2C_2 (см. рис. *б*), в котором емкостное сопротивление C_2 должно быть гораздо меньше сопротивления R_2. Активные сопротивления в анодных Р. ф. обычно должны быть невелики, чтобы не терялась заметная часть подводимого через Р. ф. постоянного анодного напряжения. Поэтому емкости в Р. ф. должны иметь большую величину, особенно если они служат для развязки по низкой частоте.

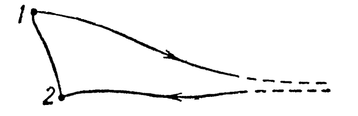




Преграждая путь переменным токам из цепей отдельных каскадов в общие цепи схемы, Р. ф. вместе с тем препятствуют проникновению переменных токов из общих цепей (если они все же туда попали) в цепи отдельных каскадов. Уменьшая проникновение переменных токов из одних цепей в другие, Р. ф. тем самым ослабляют паразитные связи между цепями. Так как последние могут быть причиной неустойчивой работы схемы и *паразитной генерации*, то во всех многокаскадных схемах Р. ф. широко применяются и играют важную роль.

Размагничивающее устройство— устройство для размагничивания бывшей в употреблении магнитной ленты, т. е. уничтожения на ней прежней записи звука.

Разность потенциалов (напряжение) — количественная характеристика электрического поля неподвижных электрических зарядов



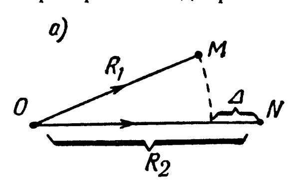
Р. п. между двумя точками поля *1* и *2* (см. рис.) измеряется той работой, которую совершают силы электрического поля при перемещении положительного заряда, равного единице, из точки *1* в точку *2*. Электрическое поле, создаваемое неподвижными электрическими зарядами, обладает тем свойством, что работа, совершаемая силами поля при перемещении в нем зарядов, зависит только от положения начальной и конечной точек пере-

мещения, но не зависит от формы пути (поле с таким свойством называется потенциальным). Поэтому электрическое поле в каждой точке может быть охарактеризовано той работой, которую совершают силы поля при перемещении единичного положительного заряда из какой-либо фиксированной точки *1* в рассматриваемую точку *2*. Эта работа и равна Р. п. между точками *1* и *2*. Если Р. п. между данной фиксированной точкой *1* и любой рассматриваемой точкой *2* известна, то по данному распределению Р. п. в пространстве может быть найдена *напряженность электрического поля* в каждой точке пространства. В качестве фиксированной точки *1* часто выбирают точку, удаленную в бесконечность, и принимают потенциал этой точки равным нулю. Тогда вместо Р. п. между точками *1* и *2* можно говорить о потенциале точки *2*. Если удаление заряда из начальной точки в бесконечность происходит в направлении силы, действующей со стороны поля, то эта сила совершает положительную работу, и потенциал начальной точки положителен. Если же удаление из начальной точки происходит навстречу силе, действующей со стороны поля (т. е. под действием какой-либо другой силы), то поле совершает отрицательную работу, и потенциал начальной точки отрицателен. Так как одноименные заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются, то свободный положительный единичный заряд будет удаляться от другого положительного заряда и приближаться к отрицательному заряду.

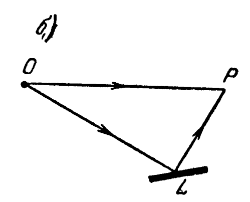
Свободный положительный заряд под действием силы электрического поля, созданного другим положительным зарядом, всегда удаляется от положительного заряда в бесконечность в направлении действующей на него силы, которая совершает положительную работу. Значит, свободный положительный заряд всегда перемещается от точек с более высоким потенциалом к точкам с более низким потенциалом (подобно движению тяжелых тел в поле тяжести от более высокого уровня к более низкому). Отрицательные заряды движутся, наоборот, от точек с более низким потенциалом к точкам с более высоким потенциалом. Подобно тому, как при движении тяжелых тел в поле тяготения играет роль не абсолютный уровень какой-либо точки, а разность уровней точек, между которыми перемещаются тела, для движения электрических зарядов существенна не сама величина потенциала, отсчитываемого относительно бесконечности, а Р. п. между точками, между которыми происходит движение электрических зарядов.

Разность фаз — см. *Сдвиг фаз*.

Разность хода — разность расстояний, пройденных волной при ее распространении до различных

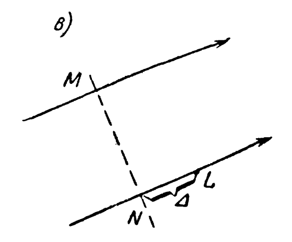


точек или до одной и той же точки, но различными путями. Р. х. определяет *сдвиг фаз* между волнами. Например, для волны, рас-



пространяющейся из точки O (см. рис. *а*), Р. х. между точками M и N есть $\Delta = R_2 - R_1$. Если волна, исходящая из точки O (см. рис. *б*),

достигает точки P по двум путям: прямолинейному OP и ломаному OLP (в результате отражения от какой-то плоскости в точке L), то разность хода $\Delta = OL + LP - OP$. В случае *плоской волны* для всех точек, лежащих на любой плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны, например на плоскости MN (см. рис. *в*), Р. х. равна нулю, так



как во всех этих точках фаза волны одна и та же. Поэтому Р. х. между точками M и L плоской волны равна добавочному пути, пройденному волной от точки N до точки L, т. е. Р. х. $\Delta = NL$.

Если на всех участках пройденного пути волна распространяется с одинаковой скоростью, то сдвиг фаз $\varphi = \frac{2\pi\Delta}{\lambda}$ *рад*, где длина волны λ одинакова на всем пути. Если же скорость распространения на разных участках пути различна, то и длина волны на этих участках оказывается неодинаковой; в этом случае сдвиг фаз

$$\varphi = 2\pi\left(\frac{\Delta_1}{\lambda_1} + \frac{\Delta_2}{\lambda_2} + \ldots\right) \text{ рад}, \quad (1)$$

здесь Δ_1 и λ_1 — Р. х. и длина волны на участке пути, где скорость распространения одна, Δ_2 и λ_2 — Р. х. и длина волны на участке пути, где скорость распространения другая, и т. д. Так как

$$\frac{\lambda_1}{v_1} = \frac{\lambda_2}{v_2} = \ldots = \frac{\lambda}{c},$$

где λ — длина волны, а c — скорость распространения в вакууме, то

$$\lambda_1 = \lambda\frac{v_1}{c}, \quad \lambda_2 = \lambda\frac{v_2}{c} \ldots$$

Вводя показатель преломления среды (см. *Преломление волн*)

$$n_1 = \frac{c}{v_1}, \quad n_2 = \frac{c}{v_2} \ldots,$$

получим:

$$\lambda_1 = \lambda n_1, \ \lambda_2 = \lambda n_2 \ldots,$$

и выражение (1) для сдвига фаз принимает вид:

$$\varphi = 2\pi\left(\frac{\Delta_1 n_1}{c} + \frac{\Delta_2 n_2}{c} + \ldots\right) = 2\pi\frac{\Delta_0}{c} \text{ рад},$$

где $\Delta_0 = \Delta_1 n_1 + \Delta_2 n_1 + \ldots$.

Величины $\Delta_1 n_1$, $\Delta_2 n_2 \ldots$ и их сумма Δn_0 называются оптической Р. х. (в случае радиоволн их также называют электрической Р. х.) на соответствующих участках или на всем пути. Оптическая Р. х. $\Delta_1 n_1$ отличается от Δ_1 (которую, для отличия, иногда называют геометрической Р. х.), а именно оптическая Р. х больше геометрической, если скорость распространения в среде меньше, чем в пустоте (т. е. $n_1 > 1$), и меньше геометрической, если скорость распространения в среде больше, чем в пустоте (т. е $n_1 < 1$).

Разрешающая способность — способность системы наблюдения (и измерения) воспроизводить или различать мелкие детали либо близкие величины. Р. с. является одним из основных и удобных параметров, характеризующих качество и эффективность работы оптических, спектральных, электроннооптических, фотографических, телевизионных, радиолокационных, инфракрасных и других систем и приборов, а также биологических систем, например зрительных анализаторов.

Количественно Р. с. измеряется минимально различимым (разрешаемым) расстоянием между двумя

объектами или углом зрения между ними (угловая Р. с.). В спектральных приборах Р. с. оценивается минимальной разностью длин волн различимых спектральных линий. Значение Р. с. зависит от выбранных испытательных объектов и способов измерения. В оптике, фотографии и телевидении применяют специальные испытательные объекты — таблицы, миры (тест-таблицы). В фотографии Р. с. измеряется максимальным числом пар различимых черных и белых полосок миры, приходящихся на 1 *мм*.

Р. с. определяется *зоной размытости* при воспроизведении резкой границы между объектом и фоном (переходная характеристика, реакция на скачок, функция включения, пограничная кривая) или пятном при воспроизведении точечного объекта (реакция на очень короткий импульс, импульсная характеристика, апературная характеристика). Указанные характеристики соответствуют частотным или *частотно-контрастным характеристикам* системы. Чем меньше зона размытости (шире полоса частот), тем выше Р. с. Зона размытости в радиолокации определяется: по углу — шириной *диаграммы направленности* антенны, по дальности — *длительностью* (зондирующего) импульса. В оптике зона размытости определяется *аберрациями*, в *электронно-лучевых трубках* — диаметром пятна (*апертурой*) и т. д.

Апертурная коррекция позволяет уменьшить зону размытости ценой увеличения уровня флуктуационных помех (шумов). Поэтому предельно достижимая Р. с. при наилучшей обработке сигналов определяется не только зоной размытости, но и отношением сигнал/шум до введения апертурной коррекции.

В телевидении Р. с. измеряется с помощью миры (тест-таблицы), состоящей из сходящихся клином черных и белых полосок с максимальной контрастностью. Отсчет делается по месту, где изображение миры получается с минимально различимым контрастом (полоски сливаются). Количественно Р. с. измеряется в телевидении максимальным числом черных и белых полосок равной ширины на пороге различения, укладывающихся по высоте кадра (цифры 300, 400, 500, 600 на таблице указывают это число). Р. с. вдоль и поперек строк вообще различна. Она может быть в обоих направлениях несколько повышена посредством апертурной коррекции.

Разрешающая способность радиолокационной станции по дальности — наименьшее расстояние между двумя целями, находящимися друг за другом, в одном направлении, различаемыми данной станцией как две отдельные цели (т. е. когда отметка от этих двух целей не сливается в одну).

Разрешающая способность радиолокационной станции по углу — наименьший угол между направлениями на две цели, находящиеся на одинаковом расстоянии от станции и различаемые ею как две отдельные цели (т. е. когда отметка от этих двух целей не сливается в одну).

Разрешенные уровни — см. *Зонная теория*.

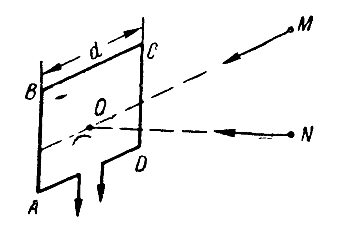
Разрядник — см. *Искровой разрядник*.

Разрядность — количество разрядов в *сумматоре арифметического устройства*, в *регистре*, в одном слове *накопителя запоминающего устройства* и т. п.

Разряды и звания радиоспортсменов — спортивные звания и разряды по радиоспорту, введенные с 1 января 1965 г.: мастер спорта СССР международного класса (звание присваивается спортсменам, занявшим первое место на первенстве мира или Европы), *мастер спорта*, кандидат в мастера спорта; первый разряд, второй раз-

ряд, третий разряд; первый юношеский разряд, второй юношеский разряд.

Рамочная антенна (рамка) — провод, намотанный в виде рамки и заменяющий собой приемную, а иногда и передающую антенну. Р. а. обладают направленным действием — наиболее сильный прием получается, когда принимаемая станция лежит в плоскости рамки, а в направлении, перпендикулярном плоскости рамки, прием отсутствует. Это объясняется тем, что две параллельные стороны рамки AB и CD (см. рис.) включены

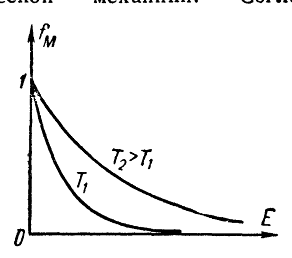


навстречу. Когда *плоская волна* с вертикальной поляризацией электрического поля (см. *Плоскополяризованные волны*) приходит в направлении NO, перпендикулярном плоскости рамки, она возбуждает в проводах AB и CD э. д. с. одинаковой амплитуды и фазы. Поэтому результирующая э. д. с. в рамке равна нулю и приема нет. Если такая плоская волна приходит в направлении MO, лежащем в плоскости рамки, то она возбуждает в сторонах AB и CD э. д. с., примерно равные по амплитуде, но сдвинутые по фазе, вследствие наличия *разности хода* d. В этом случае результирующая э. д. с. в рамке уже не равна нулю, а имеет наибольшее значение, так как в данном направлении разность хода, а значит, и сдвиг фаз оказываются наибольшими.

Аналогичными рассуждениями можно показать, что передающая Р. а. сильнее всего излучает в своей плоскости и не излучает в перпендикулярном направлении. Рамки для приема делаются обычно малых размеров и вследствие этого их *действующая длина (высота) антенны* значительно меньше, чем обычной приемной антенны. Поэтому для приема на рамку требуется более чувствительный приемник, чем для приема на антенну.

Для увеличения действующей высоты приемные рамки, как правило, имеют много витков провода. Передающие Р. а. делаются больших размеров, обычно в виде одного витка.

Распределение Максвелла — Больцмана — закон, устанавливающий распределение энергии мельчайших частиц материи (молекул газа, электронов и др.) в зависимости от температуры при условии, что для множества этих частиц справедливы представления классической механики. Согласно

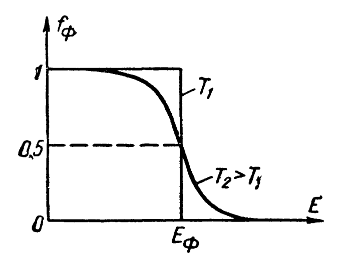


Р. М.—Б. вероятность f_M того, что частица имеет энергию, равную произвольно выбранному значению E, уменьшается с увеличением E, но при повышении температуры T возрастает (см. рис.). Для электронов в полупроводнике Р. М.—Б. справедливо в тех случаях, когда вероятность пребывания электрона в рассматриваемой зоне (см. *Зонная теория*) невелика, т. е. $f_M \ll 1$.

Распределение уровней сигнала вещательной передачи — см. *Сигнал вещательной передачи*.

Распределение Ферми —Дирака— закон, устанавливающий распределение энергии элементарных ча-

стиц, в том числе электронов, в зависимости от температуры при условии, что поведение множества этих частиц подчинено квантовомеханическому правилу запрета (см. *Паули принцип*). Согласно Р. Ф.—Д. (см. рис.), при температуре абсолютного нуля ($T = 0$)



все энергетические уровни с энергией вплоть до некоторого значения $E_ф$ заняты, а с энергией выше $E_ф$ пусты. При повышенной температуре ($T > 0$) вероятность заполнения глубоких уровней ($E \ll E_ф$) остается неизменной ($f_ф = 1$), а в районе энергии $E_ф$ происходит перераспределение электронов: вероятность заполнения уровней с энергией немного ниже $E_ф$ уменьшается, а с энергией выше $E_ф$ — возрастает; вероятность же заполнения уровня $E_ф$ при любой температуре $T > 0$ неизменна и составляет 0,5. Р. Ф.—Д. широко используется в теории полупроводников и представляет собой наиболее общий закон, который в частном случае сводится к *распределению Максвелла — Больцмана*.

Распределенная емкость — *емкость* проводов, линий и т. д., распределенная вдоль них более или менее равномерно. Она называется распределенной в отличие от сосредоточенной емкости, которой обладают *конденсаторы*. Во многих случаях Р. е. играет существенную роль, например определяет волновое *сопротивление длинной линии*. Р. е. соединительных проводов, вводов ламп и т. д. обычно играет вредную роль, особенно в диапазоне сверхвысоких частот.

Распределенная индуктивность — *индуктивность* проводов, линий, распределенная вдоль них более или менее равномерно. Она называется распределенной в отличие от сосредоточенной индуктивности катушек. Во многих случаях Р. и. играет существенную роль, например определяет *волновое сопротивление длинной линии*. Р. и. соединительных проводов высокочастотных цепей или вводов ламп обычно играет вредную роль, тем более заметную, чем выше частота.

Рассеяние волн — наблюдаемое в неоднородной среде возникновение волн, распространяющихся в направлениях, отличных от направления распространения проходящей (рассеиваемой) волны. В неоднородной среде скорость распространения волн в соседних областях, обладающих разными свойствами, различна, и на границах этих областей может происходить *преломление волн* и *отражение волн*. Вследствие нерегулярного распределения неоднородностей, волны, преломленные и отраженные на границах неоднородностей, распространяются в разных направлениях, отличных от направления проходящей волны, и в результате возникает *Р. в.* (см. *Когерентность волн*, *Интерференция*).

Рассогласование (ошибка) — отклонение регулируемой величины от заданного значения. Особенность регулируемых и следящих систем состоит в том, что они работают на уничтожение Р. Практически все системы автоматического регулирования используют Р. в качестве регулирующего сигнала системы. Появление Р. независимо от причины его возникновения должно приводить к появлению воздействий, устраняющих его. При изменении заданного значения регулируемой величины система будет приводить ее в соответствие с

заданием, т. е. будет осуществляться автоматическое слежение.

Расстояние нормального рассматривания — расстояние от экрана телевизора до зрителя, при котором строки *растра* начинают сливаться. Для 625-строчного разложения Р. н. р. равно 6—8-кратной высоте изображения.

Растр — совокупность строк или элементов на *мишение передающей трубки* или экране *кинескопа.*

Расстройка — отличие частоты внешней силы, действующей на какую-либо колебательную систему, от частоты собственных колебаний этой системы. Обычно характер явлений определяет не абсолютная Р., равная разности указанных частот, а относительная Р., которая равна отношению абсолютной Р. к собственной частоте системы.

Растянутый диапазон — небольшой участок коротковолнового диапазона, порядка 300—400 *кгц*, «растянутый» на всю ширину настройки радиоприемника. В связи с тем, что коротковолновые радиовещательные станции сосредоточены в нескольких узких участках коротковолнового диапазона, занимая в общей сложности не более 20% его, растягиваются именно эти участки. Современные приемники высших классов имеют от 2 до 5 Р. д. Широкий коротковолновый диапазон играет в этих приемниках роль обзорного, служащего лишь для быстрой ориентировки, а прием ведется на соответствующем Р. д., обеспечивающем удобную и плавную настройку. Р. д. также упрощают *сопряжения контуров* гетеродина и преселектора. Однако Р. д. усложняют конструкцию приемника (особенно переключателей) и его первоначальную наладку.

Расширение обедненного слоя — явление, наблюдаемое в *p—n* переходах при повышении приложенного к ним обратного напряжения. Чем выше обратное напряжение, тем дальше оттягиваются основные носители от границы раздела областей *p*- и *n*-типа, в результате чего ширина обедненного слоя увеличивается.

Расширитель — см. *Усилитель-расширитель.*

Расширитель диапазона громкости (экспандер) — устройство для автоматического расширения диапазона громкости, т. е. увеличения разницы в громкости между сильными и слабыми звуками. Принцип работы Р. д. г. состоит в следующем. Напряжение низкой частоты, подводимое к входу основного усилителя, кроме того, подводится еще и к дополнительному усилителю, после которого оно подается на детектор. Постоянное напряжение с выхода детектора подается на сетку лампы основного усилителя таким образом, что оно увеличивает усиление при передаче громких сигналов и уменьшает усиление при передаче слабых сигналов. Вследствие этого разница в громкости слабых и сильных сигналов на выходе основного усилителя получается во много раз больше, чем на входе усилителя.

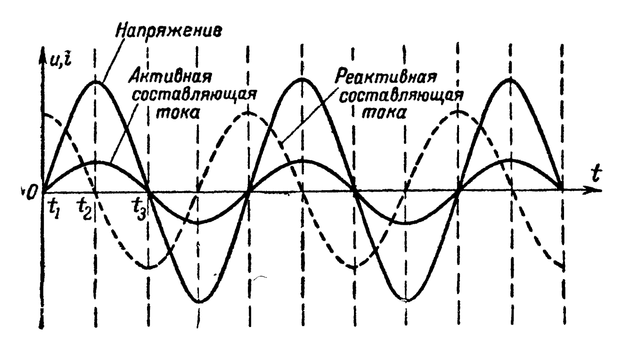
Наряду с Р. д. г. иногда применяется и сжатие диапазона громкости, например, для ограничения *глубины модуляции* передатчика. Служащие для этого устройства (компрессоры) в принципе сходны с Р. д. г. но действуют в обратном направлении, т. е. уменьшают усиление для громких сигналов и увеличивают его для слабых сигналов. Если в передающем тракте применено сжатие диапазона громкости, то в приемном тракте для художественного воспроизведения необходимо применить Р. д. г. Так как при звукозаписи обычно происходит значительное сжатие диапазона громкости, то с помощью Р. д. г. можно улучшить воспроизведение записи звука.

Реактивная лампа — электронная лампа, в которой переменное напряжение на сетке с помощью

реактивного сопротивления сдвинуто по фазе относительно переменного анодного напряжения на 90°. Переменная составляющая анодного тока также сдвинута по фазе относительно анодного напряжения на 90°, и сопротивление участка катод — анод лампы является реактивным (емкостным или индуктивным в зависимости от знака сдвига фаз). Подавая на управляющую сетку или одну из дополнительных сеток лампы регулируемое постоянное напряжение, можно изменять величину реактивного сопротивления участка катод — анод. Р. л. применяются для *автоматической подстройки частоты*, для *частотной модуляции* и т. д.

Реактивная мощность — мощность, которую источник переменного тока в течение одной четверти периода отдает во внешнюю цепь, обладающую *реактивным сопротивлением*, а в течение другой четверти периода получает ее обратно. Р. м. характеризует энергию, не потребляемую во внешней цепи, а колеблющуюся между внешней цепью и источником, т. е. энергию, временно накапливаемую емкостями и индуктивностями, а затем отдаваемую источнику. Величина Р. м. выражается произведением напряжения на зажимах данной цепи на *реактивную составляющую тока* в ней. Если реактивная составляющая тока больше активной составляющей, то и Р. м. будет больше фактически потребляемой в цепи мощности.

Реактивная составляющая тока — составляющая, которая в отличие от *активной составляющей тока* не выделяет энергии в цепи. Существование Р. с. т. обусловлено наличием *реактивных сопротивлений*, которые в течение одной четверти периода переменного тока потребляют энергию от источника, а в течение другой четверти отдают ее обратно. Это связано с тем, что ток в чисто реактивном сопротивлении сдвинут по фазе на четверть периода по отношению к напряжению, а как в чисто активном сопротивлении ток совпадает по фазе с напряжением. Поэтому ток в реактивном сопротивлении меняет знак не тогда, когда меняет знак напряжение, а когда оно проходит через максимум. В течение той четверти периода, когда напряжение и ток совпадают по знаку и произведение их положительно (на рис. — от t_1 до t_2), энергия поступает из источника в реактивное сопротивление. В течение другой четверти периода, когда знаки напряжения и тока противоположны и произведение их отрицательно (на рис. — от t_2 до t_3), энергия возвращается к источнику. В активном сопротивлении ток и напряжение совпадают по фазе, т. е.



произведение их всегда положительно, и поэтому энергия все время поступает из источника в цепь.

Поскольку условия потребления энергии в цепи зависят от сдвига фаз между напряжением и током, весь ток в цепи можно разбить на две составляющие — активную, находящуюся в фазе с напряжением и поэтому вызывающую потребление энергии в цепи, и реактивную, сдвинутую по фазе относительно напряжения в цепи на 90° и поэтому не вызывающую потребления энергии.

Реактивное сопротивление — сопротивление переменному току, не потребляющее энергии этого тока. При протекании переменного тока в цепи, обладающей только емкостью или только индуктивностью и не обладающей активным сопротивлением, работа э. д. с. в течение одной четверти периода затрачивается на создание заряда конденсатора или тока в катушке. Работа эта превращается в энергию электрического поля конденсатора или в энергию магнитного поля катушки. В течение следующей четверти периода, когда заряд конденсатора или ток в катушке уменьшается, накопленная энергия возвращается к источнику э. д. с. (если бы в конденсаторе или катушке действительно не было никаких потерь энергии, то накопленная энергия полностью возвращалась бы к источнику).

Хотя индуктивность и емкость не потребляют мощности, но они определяют амплитуду тока в цепи и в этом смысле играют такую же роль, как и *активное сопротивление*. Амплитуда тока оказывается обратно пропорциональной некоторой величине, зависящей от частоты тока и значения индуктивности или емкости; эта величина представляет собой Р. с.

Если цепь содержит только конденсатор или только катушку, то ее Р. с. равно соответственно *емкостному сопротивлению* конденсатора или *индуктивному сопротивлению* катушки. При последовательном включении емкости и индуктивности через них течет один и тот же ток и поэтому напряжения на них сдвинуты по фазе на 180° (вследствие того, что *сдвиг фаз* между напряжением и током на емкости равен —90°, а на индуктивности +90°). Поскольку напряжения на емкости и индуктивности направлены навстречу, они компенсируют друг друга. Поэтому и Р. с. в данном случае равно разности индуктивного (ωL) и емкостного ($1/\omega C$) сопротивлений:

$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C},$$

где ω — угловая частота тока в цепи. При этом Р. с. носит индуктивный характер, если преобладает первый член правой части уравнения, и емкостный характер в обратном случае.

В случае *резонанса*, когда индуктивное сопротивление равно емкостному, т. е. когда $\omega L = 1/\omega C$ или $\omega = 1/\sqrt{LC}$, Р. с. цепи обращается в нуль. Реальные конденсаторы и катушки, помимо Р. с., всегда обладают еще и некоторым активным сопротивлением, но обычно небольшим (если они правильно выполнены); их Р. с., как правило, значительно больше активного сопротивления.

Р. с. обладают не только конденсаторы и катушки самоиндукции, но и все вообще проводники, так как каждый проводник имеет распределенные *емкость* и *индуктивность*, которые играют малую роль, пока провода коротки. Но в случае сравнимых с длиной волны проводов распределенные емкость и индуктивность играют существенную роль. Однако Р. с. *длинных линий* зависит не только от их распределенных индуктивности и емкости, но и от их длины, а также характера нагрузки на конце линии.

Ревербератор — устройство для создания искусственной *реверберации* электрическими или электроакустическими методами. Применяется для осуществления специальных акустических эффектов при передаче по радио литературно-драматических или музыкальных произведений.

Реверберация — процесс постепенного уменьшения *плотности звуковой энергии* в помещении после прекращения действия источника звука, обусловленный многократными отражениями звуковой энергии от различных поверхностей. При каждом отражении часть звуковой энергии теряется из-за поглощения. Важным параметром, характеризующим акустические свойства помещения, является стандартная Р., под которой понимается время, в течение которого плотность звуковой энергии уменьшается на 60 *децибел.* Избыточная длительность Р. приводит к неприятной гулкости помещения, ухудшающей восприятие музыки и разборчивость речи; недостаточная длительность Р. — к резко отрывистому звучанию, лишенному музыкальной «сочности».

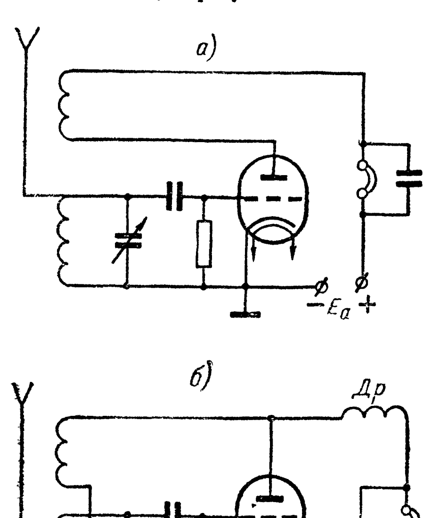
При проектировании *студий*, театров, концертных залов и других помещений, предназначенных для исполнения музыкальных и речевых программ, учитываются рекомендации по обеспечению требуемой стандартной Р. и ее зависимости от частоты *звуковых колебаний*. Р. характеризует постепенный спад звуковой энергии и этим существенно отличается от эха, под которым понимается повторение звука после заметного на слух перерыва, вследствие одного (или нескольких) запаздывающих отражений. Явление эха совершенно недопустимо в перечисленных помещениях, а Р., находящаяся в определенных пределах, способствует улучшению звучания, создавая ощущение хорошего «резонанса» помещения.

Реверберометр — прибор для измерения *реверберации* помещения. Применяется при экспериментальной проверке акустических свойств помещений.

Реверсивный счетчик — счетчик, который может работать как на сложение, так и на вычитание. Схемно работа на вычитание осуществляется либо за счет того, что в *триггере* младшего разряда имеются два входа: вход суммирования и вход вычитания, либо за счет работы счетчика в дополнительном коде. При первом методе необходимо иметь две отдельные цепи переноса; одна цепь работает от импульсов, поступивших на вход «+», другая — от импульсов, поступивших на вход «—». При втором методе предусматривается отдельный триггер управления, который в положении «минус» управляет цепями, образующими дополнительный код «—1», т. е. 1, 111... 111 (см. *Представление чисел*). Вычитание в этом случае заменяется прибавлением дополнительного кода «—1».

Регенератор (регенеративный приемник) — общее название приемников с *положительной обратной связью* в детекторном каскаде или каскадах усиления высокой частоты. За счет положительной обратной связи между цепями сетки и анода часть энергии из анодной цепи поступает в сеточный колебательный контур и частично компенсирует потери энергии в нем, благодаря чему его затухание уменьшается. Вследствие этого увеличиваются амплитуды вынужденных колебаний в сеточном контуре Р. и острота его *резонанса*, т. е. возрастают чувствительность, а в некоторой степени и избирательность пока сигналы мешающей станции не слишком сильны. (При сильных сигналах мешающей станции, вследствие уменьшения средней крутизны характеристики лампы Р., эффект обратной связи становится все менее и менее заметным.)

Чувствительность Р. тем выше, чем сильнее обратная связь, но если она настолько сильна, что все потери в контуре сетки с избытком компенсируются энергией анодной цепи, то в нем возникают собственные незатухающие колебания. Они складываются с приходящими колебаниями, в результате чего возникают *биения* и искажения радиотелефонных сигналов. Для приема этих сигналов надо применять ту сильную обратную связь, при которой генерация колебаний еще не возникает, но уже достигнута высокая чувствительность Р. (прием вблизи «порога генерации»). Если этот порог перейти, то возникающие собственные колебания излучаются антенной, к которой присоединен Р., и поэтому они не только вносят искажения, но и мешают работе соседних приемников.



Прием радиотелеграфных сигналов на Р. можно вести за порогом генерации, и собственные колебания Р. служат для получения биений звуковой частоты, т. е. для осуществления *автодинного приема*.

Схемы Р. отличаются большим разнообразием. Среди схем Р. на электронных лампах одной из наиболее распространенных является схема с индуктивной обратной связью (см. рис. *а*). Величина обратной связи в ней регулируется обычно путем перемещения катушек сетки и анода друг относительно друга. В некоторых схемах Р. обратная связь регулируется с помощью конденсатора переменной емкости, включенного последовательно с катушкой обратной связи (см. рис. *б*). Постоянная составляющая анодного тока и токи низкой (звуковой) частоты в этой схеме проходят по другой ветви анодной цепи, включенной параллельно цепи обратной связи. Чтобы высокочастотные токи не замыкались через эту вторую цепь, в нее включается высокочастотный дроссель *Др*. По чувствительности и избирательности все схемы Р. приблизительно равноценны.

Регистр — устройство для запоминания кода одного числа (*слова*). Например, в ручных вычислительных машинах (арифмометрах) Р. состоят из десятичных колес. В электронных цифровых машинах в Р. хранятся двоичные числа. Р. состоит из соответствующего числа схем, которые осуществляют запоминание (хранение), а также схем, позволяющих производить запись и выдачу информации. Р. делятся на статические и динамические. Статические Р. обычно выполняются на статических *триггерах*, динамические регистры представляют собой *сдвигающие регистры*, выход которых соединен со входом, построенные из динамических элементов (например, из *феррит-диодных ячеек*). В *запоми-*

нающих устройствах Р. иногда называют совокупность запоминающих элементов для записи одного числа (числовую *ячейку*).

Регулирование — процесс поддержания каких-либо физических величин (регулируемых параметров) неизменными или изменения их по определенным, наперед заданным законам, или изменение их каким-либо образом так, чтобы обеспечивалась наибольшая эффективность технологических процессов. Автоматическое Р. осуществляется при помощи *автоматических регуляторов* по замкнутой схеме: объект регулирования — регулятор. Поэтому процесс Р. может быть определен только на основе анализа работы всех устройств, входящих в замкнутую схему. Замкнутый контур Р. связан с внешней средой посредством внешних возмущений, источников питания и задания регулирования. Системы Р. можно разделить в зависимости от характера управляющих сигналов на системы стабилизации, *программного регулирования*, *следящие системы*, системы автоматического поиска (*экстремальные регулируемые системы*). В системах стабилизации управляющий сигнал представляет собой постоянную величину (задание регулирования).

Регулировка громкости — изменение амплитуд электрического *сигнала вещательной передачи* с целью предотвращения перегрузки *усилителя* низкой частоты или излишней *громкости* звуковых сигналов, воспроизводимых *громкоговорителем.*

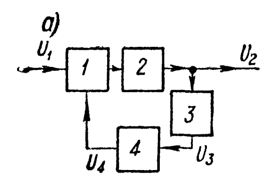
Регулировка тембра — изменение *частотной характеристики* усилителя низкой частоты по желанию слушателя. В современных радиоприемниках, *радиолах* и телевизорах применяют плавные регуляторы или ступенчатые переключатели — тонрегистры. Плавные регуляторы позволяют постепенно увеличивать или уменьшать усиление (отдельно или одновременно) на нижних и верхних частотах воспроизводимого усилителем диапазона *звуковых частот*. Тонрегистры имеют несколько фиксированных положений, рекомендуемых для разных характеров передаваемой программы и обычно обозначаемых: «оркестр» — одинаковое усиление всех частот рабочего диапазона; «соло» — увеличение усиления на нижних и верхних частотах; «эстрада» или «джаз» — значительное увеличение усиления верхних частот; «бас» — значительное увеличение усиления низких частот; «речь» — уменьшение усиления верхних и нижних частот.

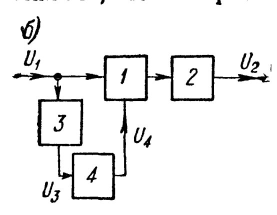
Р. т. осуществляется либо использованием частотно-зависимых регуляторов усиления (что позволяет изменять крутизну наклона частотной характеристики, начиная с определенной частоты), либо изменением частотнозависимой *отрицательной обратной связи* (что позволяет изменять частоту, выше или ниже которой частотная характеристика имеет определенный наклон.

Регулировка усиления — оперативное изменение коэффициента усиления для достижения наилучшего эффекта от работы данного усилителя. В зависимости от назначения усилитель рассчитывается для усиления электрических сигналов в самых различных диапазонах частот. Ряд устройств (например, радиоприемник) имеет усилители, работающие в разных диапазонах частот (усилители высокой, промежуточной и низкой или звуковой частот). В этих случаях Р. у. может производиться в разных усилительных каскадах и преследовать различную цель, в зависимости от которой применяется частотнозависимая или частотнонезависимая Р. у. Если конечной целью при эксплуатации данного устройства является воспроизведение звука, то Р. у. производится для *регулировки громкости* или *тембра* воспроизводимого звука.

Р. у. может производиться вручную или автоматически. Для ручной частотнонезависимой регулировки применяются *аттенюаторы*, а также реостаты и потенциометры. Последние используются в усилительных устройствах, содержащих электронные лампы или транзисторы. Изменение сопротивления с помощью реостата или потенциометра изменяет напряжение или ток на выходе усилителя. Для ручной частотнозависимой Р. у. применяются электрические системы (двух- и четырехполюсники), содержащие активные сопротивления, индуктивности и емкости.

Автоматическая Р. у. позволяет без участия оператора стабилизировать амплитуду (или *уровень*) сигнала на выходе. Принцип действия системы автоматической Р. у. поясняется, изображенной на рис. *а* функциональной схемой. Здесь U_1 — мгновенные значения напряжения электрического сигнала, подаваемого на вход управляемого звена *1*, содержащего электронные лампы с переменной крутизной или полупроводники, собранные по специальной схеме. С управляемого звена сигнал поступает на дополнительный усилитель *2* для дальнейшего усиления; U_2 — мгновенные значения напряжения усиленного сигнала. Одновременно напряжение U_2 подается в управляющую цепь, содержащую двухполупериодный выпрямитель *3* и фильтр *4*. На выходе получается напряжение U_4 (определенной полярности), величина которого зависит от величины постоянной составляющей выпрямленного напряжения сигнала, т. е. напряжения U_3 на выходе выпрямителя. Напряжение U_4, называемое управляющим, подается на управляемый элемент, который под его воздействием изменяет *коэффициент передачи* (или коэффициент усиления). Чаще всего применяются автоматические регуляторы усиления, которые при уменьшении величины управляющего напряжения увеличивают коэффициент усиления. В этом случае при уменьшении сигнала на входе (U_1) сигнал на выходе (U_2) стабилизируется. Описанная система по принципу действия весьма сходна с *усилителем-сжимателем*.





Для автоматической стабилизации напряжения на выходе (U_2) можно применить также систему, функциональная схема которой показана на рис. *б* (с теми же обозначениями, что и на рис. *а*). Данная система отличается от предыдущей тем, что изменение коэффициента передачи управляемого звена *1* обусловлено изменением величины не сигнала на выходе (U_2), а сигнала на входе (U_1). При использовании в качестве автоматического регулятора усиления такая система имеет худшие качественные показатели, чем предыдущая, и практически применяется только в усилителях-расширителях, в которых предыдущая система неприменима из-за опасности самовозбуждения.

Чтобы не уменьшать усиления при малых сигналах на входе, используются системы автоматической Р. у., в которых на выпрямитель подается постоянное напряжение задержки (не показанное на рис. *а* и *б*). Оно выбирается с та-

ким расчетом, чтобы выпрямитель начинал работать только после того, как подаваемое на него напряжение (например, U_2 на рис. *а*) превзойдет напряжение задержки. Такое устройство по принципу действия аналогично усилителю-ограничителю. Значительно улучшить стабилизацию величины сигнала на выходе при изменении величины сигнала на входе можно с помощью вспомогательного усилителя в управляющей цепи, который на рис. *а* и *б* не показан. При необходимости осуществить частотнозависимую автоматическую Р. у. коэффициент усиления этого усилителя должен быть различным на разных частотах.

Регулировка чувствительности — изменение величины усиления приемника. Один и тот же приемник должен принимать как близкие станции, создающие большие напряжения на его входе, так и далекие, создающие напряжения на входе, в тысячи раз меньшие. Для получения в обоих случаях примерно одинаковых (необходимых для приема с нормальной громкостью) напряжений на выходе приемника, нужно изменять в широких пределах чувствительность приемника. Р. ч. обычно осуществляется путем изменения усиления приемника по высокой или промежуточной частоте. Например, с помощью переменного сопротивления (см рис. *а*) изменяют напряжение смещения на сетках ламп усилителя высокой или промежуточной частоты до достижения нормальной громкости приема.

С целью расширения пределов Р. ч. применяют *лампы с удлиненной характеристикой*. Можно также для Р. ч. изменять напряжение на экранных сетках ламп посредством переменного делителя напряжения (*П* на рис. *б*). Существует еще много иных методов Р. ч. Чтобы при каждом изменении силы сигналов не приходилось регулировать усиление, вместо описанной ручной Р. ч. (часто и одновременно с ней) применяется автоматическая Р. ч.

Регулятор — см. *Автоматический регулятор*.

Регулятор громкости — см. *Регулировка громкости*.

Регулятор уровня — см. *Аттенюатор*, *Регулятор громкости*, *Усилитель - ограничитель*, *Усилитель-сжиматель*.

Резервирование — см. *Надежность*.

Резистивный усилитель — то же, что *усилитель на сопротивлениях*.

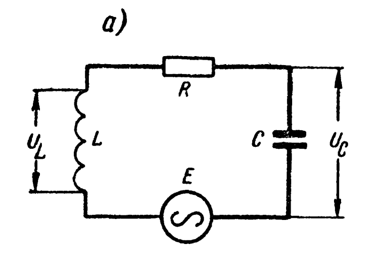
Резистивный фотоэлемент — см. *Фотосопротивление*.

Резистор — электрическое сопротивление как радиодеталь (изделие). Термин Р. введен для того, чтобы различать «сопротивление» как изделие, материальный объект и сопротивление как электрическую величину, являющуюся физическим свойством этого материального объекта.

Резкость (изображения) — степень размытости изображения границ (краев) объектов. Р. количественно оценивается *зоной размытости переходной характеристики телевизионной системы*.

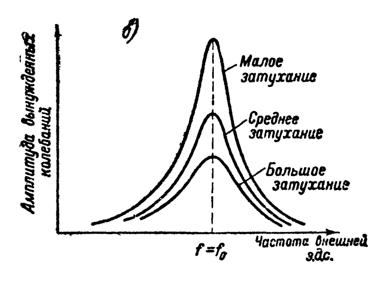
Резнатрон — мощный *лучевой тетрод*, предназначенный для генерирования колебаний в дециметровом диапазоне волн. Выполняется в виде *разборной электронной лампы* с керамическими изоляторами. Колебательные цепи в виде *объемных резонаторов* находятся внутри лампы, представляя одно целое с ее электродами. Лампа работает при непрерывной откачке и с водяным охлаждением электродов и их выводов. Р. применяют в *схеме с заземленной сеткой*. Вторая сетка и анод находятся под одним напряжением, вследствие чего электроны, пройдя вторую сетку, не взаимодействуют с постоянными электрическими полями, а только с высокочастотным полем резонаторов, тормозящим их и отбирающим у них энергию, поддерживающую колебания в резонаторах. В режиме непрерывной генерации Р. может давать мощность до нескольких десятков киловатт, с к. п. д. до 40—60%.

Резонанс — резкое возрастание *амплитуды вынужденных колебаний* в колебательной системе при совпадении частоты внешнего воздействия с частотой собственных



колебаний системы. Если в колебательный контур последовательно включен источник синусоидальной э. д. с. с угловой частотой ω (см. рис. *а*), то в контуре возникают вынужденные колебания с той же частотой ω, амплитуда которых зависит от близости этой частоты к частоте собственных колебаний контура ω_0. Когда эти частоты совпадают, то амплитуда вынужденных колебаний в контуре достигает наибольшей величины — наступает Р. Обусловлено оно тем, что при совпадении частот индуктивное и емкостное сопротивления контура компенсируют друг друга, и полное сопротивление контура оказывается наименьшим — оно равно его активному сопротивлению. Поэтому чем меньше активное сопротивление контура, тем больше амплитуда вынужденных колебаний (амплитуда тока в контуре) при Р.

Если изменять частоту собственных колебаний контура ω_0 при неизменной частоте внешней э. д. с. ω или, наоборот, изменять частоту ω при неизменной частоте ω_0, то по обе стороны от Р. полное сопротивление контура возрастает и



амплитуды колебаний будут меньше, чем при Р. Они получаются тем меньшими, чем больше отличаются друг от друга частоты ω и ω_0, т. е. чем больше *расстройка*. Чем меньше активное сопротивление контура, тем быстрее спадают амплитуды колебаний при расстройке, тем резче выражено явление Р. Таким образом, острота Р. связана с величиной активного сопротивления контура, т. е. с *затуханием контура*. При меньшем затухании у контура получается более острая кривая резонанса (на рис. *б* изображены кривые Р. при различном затухании контура).

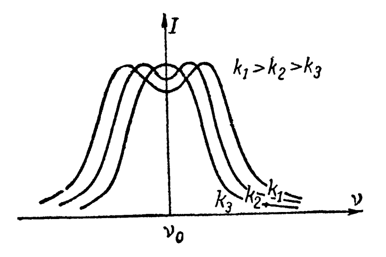
Одним из важнейших применений Р. в радиотехнике является настройка приемника на частоту

колебаний принимаемой станции. Явление Р. позволяет достигнуть высокой чувствительности и избирательности приемника, если его колебательные контуры обладают малым затуханием.

На практике часто встречается не только последовательное, но и параллельное включение емкости и индуктивности по отношению к источнику э. д. с. При этом, в образованном емкостью и индуктивностью колебательном контуре также наблюдаются резонансные явления, называемые *параллельным резонансом* или Р. токов, в отличие от рассмотренного выше случая, получившего название последовательного Р. или Р. напряжений. Если на колебательный контур действует э. д. с. несинусоидальной формы, то явление усложняется. В этом случае для наступления Р. необходимо, чтобы в *спектре* внешней э. д. с. содержалась гармоническая составляющая с частотой, равной частоте контура. Тогда именно эта составляющая создает в контуре особенно сильные вынужденные колебания. Таким образом, благодаря Р. колебательный контур выделяет синусоидальные колебания той частоты, на которую он сам настроен.

Р. наблюдается также в системах, состоящих из нескольких колебательных контуров, и в длинных линиях. Однако в таких случаях явления при Р. имеют некоторые особенности (см. *Резонанс в связанных контурах* и *Стоячие электромагнитные волны*).

Резонанс в связанных контурах— резкое возрастание амплитуды *вынужденных колебаний* в связанных колебательных контурах (см. *Связь между контурами*) при совпадении частоты внешней гармонической э д. с. с частотой какого-либо из нормальных колебаний, свойственных данным *связанным контурам* (см. *Связанные колебания*). Зависимость амплитуды вынужденных колебаний при Р. в. с. к. от затухания контуров в общих чертах имеет тот же характер, что и при *резонансе* в одиночном колебательном контуре. Однако характер зависимости амплитуды вынужденных колебаний от настройки колебательных контуров оказывается существенно иным. Если в двух связанных контурах нормальные частоты заметно отличаются друг от друга и затухание контуров мало, то оба резонансных максимума, соответствующих настройке внешней э. д. с. на частоту каждой из нормальных частот, наблюдаются раздельно и кривая резонанса становится двугорбой. Но при увеличении затухания или уменьшении



различия между нормальными частотами горбы резонансной кривой сливаются — кривая резонанса становится одногорбой. Поскольку нормальные частоты различаются между собой тем меньше, чем слабее связь между контурами, то при любом затухании можно настолько уменьшить связь, что кривая резонанса станет одногорбой (на рис. изображено изменение кривых резонанса при изменении коэффициента связи k двух одинаковых контуров, настроенных каждый в отдельности на частоту ν_0).

Все же и в случае одногорбой кривой наличие двух собственных частот заметно сказывается на форме резонансной кривой, пока связь между контурами еще достаточно сильна (немного меньшей той, при которой сливаются горбы). Резонансная кривая двух контуров отличается от кривой одного конту-

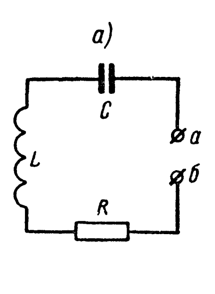
ра тем, что имеет более широкую вершину и более круто спадающие склоны («столообразная» частотная характеристика). Такая форма кривой резонанса обеспечивает более равномерное пропускание всех частот, лежащих в пределах полосы резонанса, чем кривая резонанса одиночного колебательного контура.

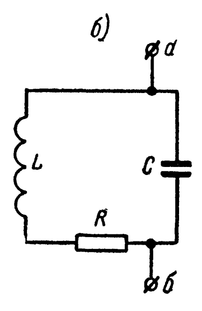
В случае трех контуров при сильной связи и малом затухании кривая резонанса имеет три горба. Отличие кривых Р. в. с. к. от кривой одиночного колебательного контура и возможность изменения формы этих кривых путем изменения связи между контурами используется в *полосовых фильтрах.*

Резонанс напряжений — см. *Резонанс.*

Резонанс токов — см. *Параллельный резонанс.*

Резонансное сопротивление — сопротивление, которое для переменного тока представляет собой колебательный контур, настроенный в *резонанс* на частоту этого тока. Величина Р. с. существенно различна в зависимости от того, между какими точками контура это сопротивление определяется. Если определяется сопротивление между точками *а* и *б* в разрыве колебательного контура (см. рис. *а*), то Р. с. оказывается наименьшим по сравнению с *полным сопротивлением* на всех других частотах; это случай *последовательного резонанса.* Если же определяется сопротивление между двумя точками *а* и *б*, между которыми емкость и индуктивность контура включены параллельно (см. рис. *б*), то Р.с. будет наибольшим по сравнению с сопротивлением на всех других частотах; этот случай соответствует *параллельному резонансу.* Чем меньше затухание контура, тем меньше его Р. с. в первом случае и тем больше — во втором. При помощи контуров с малым затуханием во втором случае могут быть получены очень большие Р. с. Эта возможность используется для увеличения нагрузочных сопротивлений в анодных цепях электронных



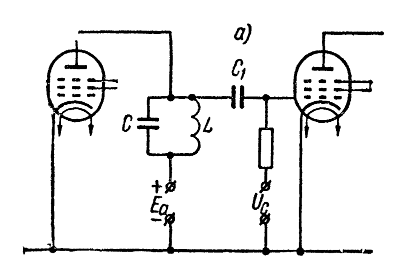


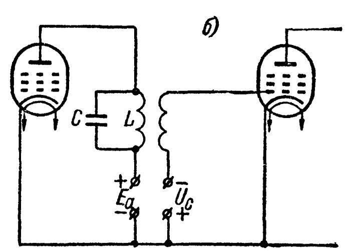
ламп, применяемых в ламповых генераторах и усилителях высокой частоты.

Резонансный ламповый усилитель — усилитель на электронных лампах, в котором анодной нагрузкой служит колебательный контур, настроенный на частоту усиливаемых колебаний. Усиленное напряжение, выделяющееся на этом контуре LC, подается на следующий каскад через переходную емкость C_1 (см. рис. *а*) или посредством трансформаторной связи (см. рис. *б*).

Поскольку внутреннее сопротивление электронной лампы велико, то для достижения большого усиления должно быть велико и *резонансное сопротивление* колебательного контура. Это достигается при *параллельном резонансе*, когда резонансное сопротивление имеет тем большее значение, чем больше

добротность контура. Так как на частотах, отличающихся от резонансной, сопротивление контура падает, то падает и величина усиления. Благодаря этому Р. л. у. обеспечивает не только большое усиление, но и высокую избирательность.





Для усиления высокой и промежуточной частот в ламповых приемниках применяются почти исключительно Р. л. у. Для расширения полосы пропускания Р. л. у. в тех случаях, когда это необходимо, либо колебательные контуры в отдельных каскадах Р. л. у. настраивают на несколько различные частоты, либо вместо отдельных колебательных контуров применяются *полосовые фильтры*.

Рекомбинация носителей в полупроводнике — пропадание носителей электричества ввиду возврата электронов из свободного состояния в незанятое валентное состояние (дырку). При этом избыточная энергия электрона либо излучается в виде *фотона*, либо передается атомам кристаллической решетки в виде энергии тепловых колебаний. Р. н. в п. автоматически поддерживает *равновесную концентрацию носителей*, несмотря на непрекращающуюся тепловую генерацию новых пар электрон — дырка. Если в результате каких-либо внешних воздействий в полупроводнике появляются избыточные количества носителей электричества, то после прекращения этих воздействий Р. н. в п. стремится привести концентрацию носителей к равновесному значению. Существует несколько механизмов Р. н. в п. Лишь в редких случаях происходит непосредственный переход электрона из зоны проводимости в валентную зону (см. *Зонная теория*), связанный с одновременным выделением значительной энергии. Более типична рекомбинация через так называемые ловушки. При этом электрон сначала переходит из зоны проводимости на промежуточный уровень, находящийся внутри запрещенной зоны (наличие таких уровней, называемых ловушками, связано со структурным несовершенством кристалла), а спустя некоторое время происходит заключительный этап рекомбинации — переход электрона из ловушки в дырку. Аналогичные процессы происходят при поверхностной рекомбинации, т. е. рекомбинации носителей у поверхности полупроводника. Ввиду того, что у поверхности кристалла наблюдаются особенно сильные нарушения структуры (см. *Поверхностные явления*), здесь концентрация ловушек особенно высока и зачастую поверхностная рекомбинация превалирует над рекомбинацией в объеме.

Рекордер — устройство, преобразующее электрические колебания в механические колебания пишущего острия (резца). Применяется в аппаратах *механической записи* звука, например, на граммофонные пластинки.

Рекорды СССР по радиоспорту — высшие достижения радиолюбителей. Начиная с 1963 г. регистрируются пять рекордов СССР: 1) установление двухсторонних радиосвязей телеграфом с наибольшим количеством различных любительских радиостанций за 12 *ч* непрерывной работы (исходный норматив 360 связей); 2) установление двухсторонних радиосвязей телефоном с наибольшим количеством различных любительских радиостанций за 6 *ч* непрерывной работы (исходный норматив 170 связей); 3) установление дальней связи на диапазоне 144 *Мгц* (исходный норматив 1000 *км*); 4) скоростной прием и передача радиограмм с записью текста рукой (исходный норматив 745 очков); 5) скоростной прием и передача радиограмм с записью текста на пишущей машинке (исходный норматив 815 очков). Очки определяются следующим образом: за каждый правильно принятый буквенный или цифровой знак начисляется одно очко, а за каждый правильно переданный знак — полтора очка.

Рекордсмены СССР по радиоспорту награждаются Золотыми медалями и дипломами первой степени Центрального Совета спортивных обществ и организаций СССР.

Релаксатор — см. *Релаксационные генераторы импульсов.*

Релаксационные генераторы импульсов — генераторы разрывных колебаний (обычно прямоугольной формы). Скачкообразное изменение напряжений и токов можно получить благодаря применению в Р. г. и. нелинейных приборов, вольт-амперные характеристики которых имеют участки с отрицательной крутизной (*газоразрядные приборы*, *точечные транзисторы*, *туннельные диоды*). Наибольшее распространение получили Р. г. и., основанные на использовании усилителей (на электронных лампах или транзисторах) с положительной обратной связью. Р. г. и., в которых цепь положительной обратной связи создается *импульсным трансформатором*, называются *блокинг-генераторами*; Р. г. и., в которых цепь положительной обратной связи создается реостатным *усилительным каскадом*, называются *мультивибраторами*. Любой Р. г. и. может работать в одном из трех режимов: ждущем режиме; режиме автоколебаний; режиме синхронизации и деления частоты.

Релаксационные колебания — *автоколебания*, существенно отличающиеся по форме от синусоидальных; это отличие обусловлено тем, что в генераторах Р. к. присутствует (в простейшем случае) только один накопитель энергии (емкость) и большое активное сопротивление, в котором энергия, ранее заключенная в накопителе, рассеивается за период колебаний. В генераторах колебаний, по форме близких к синусоидальным, энергия из одного накопителя (емкости) за четверть периода постепенно почти полностью переходит в другой накопитель — индуктивность и за другую четверть периода возвращается в первый накопитель.

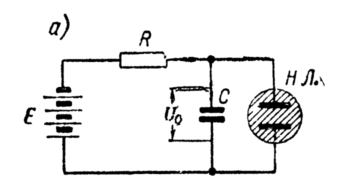
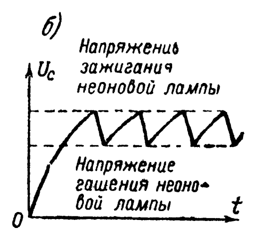


Схема простейшего генератора Р. к. с неоновой лампой изображена на рис. *а*. Он работает следующим образом. Когда напряжение на конденсаторе *C* возрастает до значения, при котором лампа зажигается, через нее начинает течь ток. При достаточно большом сопротивлении *R* ток, текущий от источника э. д. с. *E* через это сопротивление, оказывается меньше, чем ток, текущий через горящую неоновую лампу, т. е. часть текущего через лампу тока поддерживается

за счет разряда конденсатора и он быстро разряжается через лампу. Когда конденсатор разрядится до напряжения погасания лампы, она погаснет и перестанет проводить ток. Напряжение на конденсаторе станет расти до момента зажигания лампы, и весь процесс будет повторяться периодически.



Форма Р. к. в генераторе с неоновой лампой изображена на рис. *б*. Период рассмотренных Р. к. колебаний определяется продолжительностью заряда конденсатора (при погасшей лампе) от напряжения погасания до напряжения зажигания и разрядом конденсатора в тех же пределах (при горящей лампе). Период колебаний поэтому можно изменять в широких пределах, изменяя R и C (он близок к *постоянной времени цепи*).

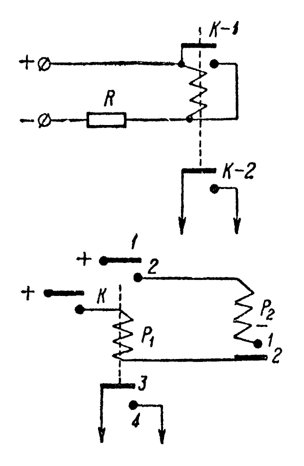
Важной особенностью генераторов Р. к. является то, что они легко синхронизируются (см. *Захватывание*). Кроме того, поскольку Р. к. сильно отличаются по форме от синусоидальных, они содержат большое число резко выраженных *гармоник*, что позволяет применять их для сравнения и эталонирования частот. Для возбуждения Р. к. обычно применяются генераторы с электронными лампами или полупроводниковыми триодами. И в этих случаях (как и в рассмотренном случае возбуждения Р. к. с помощью неоновой лампы) Р. к. можно упрощенно представлять себе как периодически повторяющиеся заряд и разряд конденсатора через активное сопротивление; электронные лампы или полупроводниковые триоды управляют процессами заряда и разряда.

Реле — устройство, производящее (в результате какого-либо внешнего воздействия) скачкообразные изменения тех или иных параметров системы, которой данное Р. управляет.

Реле времени — *реле*, включающее или выключающее какие-либо цепи после определенного, заранее установленного промежутка времени. Наиболее распространены электромагнитные, индукционные, термические, электронные, механические и другие Р. в. В простейшем электромагнитном Р. в. выдержка времени регулируется пружиной, препятствующей перемещению сердечника, и немагнитными прокладками, помещаемыми между сердечником и якорем. Индукционные Р. в. состоят из электромагнита переменного тока и алюминиевого диска, вращающегося в результате взаимодействия магнитного потока, создаваемого электромагнитом, и вихревых токов, индуктируемых в самом диске. Выдержка времени регулируется положением контактов, установленных на оси вращения диска. У термических Р. в. выдержка определяется временем нагревания специальной биметаллической пластины. Вследствие неодинакового удлинения и неоднородного прогрева одной стороны пластина изгибается и размыкает или замыкает контакты. Электронные Р. в. представляют собой ламповые или транзисторные схемы, которые содержат параллельно включенные конденсатор и сопротивление. При отключении сигнала заряженный конденсатор разряжается на сопротивление. Выдержка времени регулируется величиной этого сопротивления. Механические Р. в. основаны на принципе часового механизма. Для получения больших выдержек времени применяют двигательное реле. Главным элементом такого Р. в.

служит маленький двигатель, вращающий через редуктор с очень высоким передаточным числом специальную скобу, которая при достижении крайнего положения замыкает или размыкает контакты и отключает двигатель от сети.

Релейно-контактные генераторы (в системах связи и телемеханики) — устройства, преобразующие энергию источника постоянного напряжения в периодические сигналы путем замыкания или размыкания

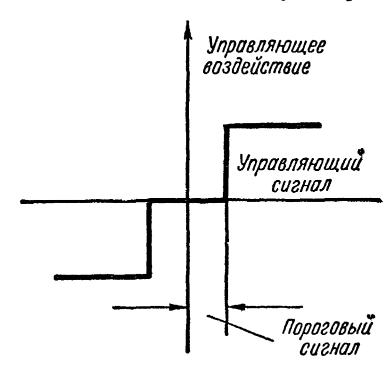


контактов. Периодическая работа Р. г. достигается введением обратной связи между цепью подключения питания к обмотке данного реле и цепью, образуемой в результате срабатывания или отпускания этого же реле или других реле, срабатывание или отпускание которых вызывается изменением состояния данного реле. В зависимости от числа используемых реле Р. г. могут быть одно-, двух- и многорелейными. На рис. приведены схемы одно- и двухрелейного генератора (*пульс-пары*). У однорелейного генератора в катушку реле прекращает поступать ток из-за шунтирования ее. У двухрелейного генератора с замыканием контактов *К* получает питание и срабатывает реле P_1, при этом его контакты *1*, *2* и *3*, *4* замыкаются. С замыканием контактов *1*, *2* реле P_1 получает питание и срабатывает реле P_2, которое размыкает свои контакты *1*,*2* и тем самым лишает питания реле P_1. Реле P_1, лишившись питания, отпускает, вследствие чего лишается питания реле P_2. Последнее замыкает свои контакты *1*, *2*, и схема приходит в исходное положение. Далее процесс периодически повторяется. Контакты *3*, *4* реле P_1 используются для периодических замыкания и размыкания внешних электрических цепей.

Частота Р. г. определяется временными характеристиками реле и возможностями схемного воздействия на времена их срабатывания и отпускания. У наиболее быстродействующих поляризованных реле времена срабатывания и отпускания определяются обычно несколькими миллисекундами; поэтому частота Р. г. не превосходит 200 *гц*. Стабильность частоты Р. г. зависит от стабильности временных параметров реле, напряжения источника питания и других элементов схемы.

Релейные регулируемые и следящие системы — системы, у которых управляющее воздействие изменяется скачком, когда сигнал на входе управляющего элемента проходит через некоторые фиксированные значения, называемые пороговыми. У Р. р. и с. с. управляющее устройство обладает релейной характеристикой (см. рис.). Если управляющий сигнал неоднократно проходит через пороговые значения, то управляющее воздействие будет иметь вид импульсов прямоугольной формы, различной длительности. Иногда управляющее устройство с релейной характеристикой является одновременно и усилителем мощности. В качестве управляющих устройств и усилителей применяют электромагнитные, электронные, пневматические и другие типы реле. Р. р. и с. с. яв-

ляются нелинейными системами, так как у них замыкание и размыкание замкнутой цепи регулирования происходит не в заданные извне моменты времени, а в зависимости от амплитуды сигналов на входе реле. Одним из распространенных типов Р. р. и с. с. являются автоматические системы, у которых



исполнительные устройства работают в релейном режиме. Такие исполнительные устройства называют устройствами постоянной скорости. Отличительной особенностью Р. р. и с. с. является их простота, так как при помощи релейных элементов можно легко управлять большими мощностями; это позволяет строить Р. р. и с. с. без сложных усилителей мощности. Существуют различные способы линеаризации Р. с. и с. с. Наиболее широкое применение получает линеаризация посредством вынужденных колебаний, автоколебаний и скользящего режима.

Релейные схемы — электрические схемы, у которых в установившемся режиме потенциал любой точки может иметь только два различных значения. Изменение режима в таких схемах производится, как правило, посредством скачкообразного изменения параметров их цепей. Р. с. могут быть релейно-контактными или бесконтактными. У первых изменение режима производится путем замыкания или размыкания контактов, а у вторых — при помощи нелинейных элементов (электронных, полупроводниковых, магнитных и т. д.). Существуют сложные Р. с., содержащие как контактные, так и бесконтактные элементы. По своим функциям элементы Р. с. делятся на первичные (входные), исполнительные (выходные) и промежуточные, передающие воздействия от приемных элементов к исполнительным в необходимой взаимозависимости и последовательности во времени. По характеру действия элементов во времени Р. с. делятся на одно- и многотактные. У однотактных Р. с. действие сводится к однократному включению или отключению одного или нескольких исполнительных элементов, при однократном воздействии на приемные элементы. У таких Р. с. промежуточные элементы могут отсутствовать, либо используются как повторители действия начальных элементов. У многотактных Р. с. предусматривается некоторая последовательность действия исполнительных элементов во времени, что осуществляется при помощи промежуточных элементов.

Применяются следующие методы анализа Р. с.: метод, основанный на составлении схем и таблиц включений; аналитический метод; метод, использующий временные графики.

Реостатный усилитель — то же, что *усилитель на сопротивлениях.*

Репортажная телевизионная установка — легкая телевизионная установка с портативной камерой. Сигналы от Р. т. у. передаются на передвижную телевизионную станцию либо по камерному кабелю (см. *Телевизионная камера*), либо с помощью маломощной радиолинии.

Репродуктор — прибор для воспроизведения звуковых колебаний при *электроакустической передаче.* Наиболее распространенными видами Р. являются *громкоговорители* и телефонные наушники.

Ретрансляционная радиорелейная станция — см. *Радиорелейная линия связи.*

Ретрансляциая телевизионных передач — прием сигналов телевизионного вещания с последующим их усилением и передачей. С помощью Р. т. п. телевизионные программы принимаются на больших расстояниях от телевизионного центра. Для Р. т. п. применяются *радиорелейные линии связи* с направленным излучением и приемом волн сантиметрового диапазона и местные ретрансляционные телевизионные станции (ретрансляторы). При Р. т. п., как правило, изменяется несущая частота; это устраняет обратную связь с передатчика на приемник ретрансляционной установки. Маломощные ретрансляторы успешно строились радиолюбителями.

Рефлексный код — то же, что *код Грея.*

Рефлекторы — отражатели радиоволн, т. е. металлические проводники, сетки или сплошные поверхности, применяемые в антеннах для отражения радиоволн, а следовательно, для изменения диаграмм направленности антенн. Наиболее простой тип Р. — *пассивный диполь*, помещенный на расстоянии около $^1/_4$ длины волны позади излучающего или приемного диполя. Применяются и другие типы Р., например плоский отражатель (система проводов, расположенных в одной плоскости, или плоская металлическая поверхность). В остронаправленных антеннах используются также специальные *параболические отражатели.*

Рефракция радиоволн — то же, что *преломление радиоволн.*

Рециркуляционные запоминающие устройства — динамические *запоминающие устройства* с ультразвуковыми или электромагнитными *линиями задержки.* Информация в Р. з. у. непрерывно циркулирует в виде последовательности электрических импульсов по замкнутой цепи и, таким образом, запоминающие *ячейки* периодически как бы проходят мимо ответвления, связывающего Р. з. у. с другими цепями. Р. з. у. относительно просты и экономичны, но обладают небольшой емкостью (до сотен слов) и невысоким быстродействием (*время обращения* — порядка долей миллисекунды).

Рир-проекция электронная — эффект, специально создаваемый путем сложения сигналов от двух телевизионных камер, причем одно изображение может служить фоном для другого. С помощью Р. э. создается электронная блуждающая маска. Р. э. осуществляется следующим образом. Сигналы объектов, которые должны быть на переднем плане, усиливаются и ограничиваются, образуя П-образные импульсы; эти импульсы запирают канал сигналов фона. В «вырезанные» таким путем места «вставляются» сигналы объектов переднего плана. Р. э. находит применение в технике телевизионного вещания для всевозможных комбинированных передач: сцен на фоне диапозитива.

В некоторых зарубежных работах по теории *конечных автоматов* и по *нервным сетям* Р. называют абстрактные автоматы, поведение которых соответствует логике работы некоторой нервной сети. В разговорной речи, обобщая, иногда Р. называют всякое кибернетическое устройство.

Розинг Борис Львович (1869—1933) — профессор физики Петербургского технологического института, основоположник электронного телевидения. Окончил физико-математический факультет Петербургского университета. Свыше четверти века работал в области телевидения. 25 июня 1907 г. предложил «способ электрической передачи изображений на расстоянии» и получил патент на это изобретение. В 1911 г. построил действующую модель приемной телевизионной установки с электронно-лучевой труб-

кой и передал изображение в пределах лаборатории. Много новых и оригинальных идей содержала его работа «Электрическая телескопия», опубликованная в 1923 г. Опередив на много лет ученых всего мира, Р. утвердил приоритет нашей страны в развитии телевидения.

Ромбическая антенна — см. *Антенны бегущей волны.*

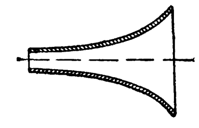
Ротор — вообще вращающаяся часть машины или прибора. Так, в конденсаторах переменной емкости Р. называется система подвижных (вращающихся) пластин, в вариометрах — подвижная (вращающаяся) катушка.

Ртутный выпрямитель (экситрон) — прибор с *газовым разрядом*, использующий автоэлектронный дуговой разряд и предназначенный для выпрямления переменного тока. Разряд происходит в парах ртути при давлении порядка 10^{-3} *мм рт. ст.*, катодом прибора является жидкая ртуть. Положительные ионы газа образуют у поверхности ртути положительный *пространственный заряд* и силы поля вырывают с небольшого участка ртутной поверхности (катодного пятна) электроны, образуя мощную *автоэлектронную эмиссию.* Р. в. делаются часто многоанодными, например с тремя анодами для выпрямления в цепи трехфазного тока, при этом дуговой разряд переходит с одного анода на другой, не давая дуге погаснуть. Аноды изготовляются из железа или графита (для уменьшения *вторичной эмиссии* с них). Если по условиям работы ток, потребляемый от выпрямителя, может уменьшиться ниже некоторого минимума, то дуга может погаснуть, а повторное зажигание дуги связано с некоторыми трудностями. Во избежание погасания дуги в таких случаях Р. в. снабжают двумя так называемыми дежурными анодами, поддерживающими разряд, когда ток в цепи основных анодов упал ниже некоторой величины.

Когда напряжение на аноде отрицательно по отношению к катоду, в его цепи протекает небольшой обратный ток; при большом обратном напряжении этот ток может сильно возрасти и перейти в дуговой разряд (*обратное зажигание*). Так как по крайней мере на одном аноде в это время имеется положительное напряжение, может возникнуть дуговой разряд между анодами, что приводит к короткому замыканию. Для предотвращения возможности обратного зажигания стеклянному баллону прибора придают специальную форму и охлаждают его воздушным дутьем.

Очень распространенные в прошлом, сейчас Р. в. в значительной степени уступили свое место другим, более надежным и удобным в эксплуатации газоразрядным приборам (*игнитронам, газотронам, тиратронам*). Широкое применение в настоящее время имеют лишь мощные металлические Р. в., главным образом для нужд электрической тяги. Такие Р. в. дают выпрямленный ток в сотни ампер при напряжении 600—800 *в.* Наиболее мощные металлические Р. в. на ток до 1000 *а* выполняются разборными, с откачным насосом при каждом, с водяным охлаждением.

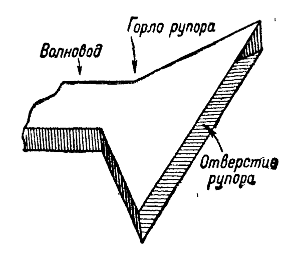
Рупор — звукопровод, площадь поперечного сечения которого непрерывно изменяется: в приемном



Р. уменьшается, а в излучающем — увеличивается. Хорошими акустическими свойствами обладает экспоненциальный Р. с криволинейными стенками (см. рис.). Такими Р. снабжаются некоторые *громкоговорители.* Наличие Р. увеличивает направленность излучения, что важно при работе в условиях открытого пространства. Для хоро-

шего излучения низких частот (басовых звуков) требуются Р. достаточно больших размеров.

Рупорные антенны — направленные антенны в виде металлических рупоров, применяемых на дециметровых и сантиметровых волнах. Р. а. обычно служат продолжением *волновода*, по которому подводятся электромагнитные волны



(от передатчика к передающей антенне или от приемной антенны к приемнику). Диаграмма направленности Р. а. зависит от угла, под которым расходятся стенки рупора (угла раствора), и от размеров открытого конца рупора (раскрыва). Чем больше размеры рупора по сравнению с длиной излучаемой волны, тем ближе угол раствора диаграммы направленности к углу раствора рупора. На рис. изображен один из типов Р. а., она дает более острую направленность в горизонтальной плоскости и сравнительно малую в вертикальной.

Рупорный громкоговоритель — *громкоговоритель*, излучающий звуковые колебания через *рупор*. Применение рупора позволяет увеличить к. п. д. Р. г. и, если это необходимо, обеспечить значительную направленность излучения звуковой энергии. Если звуковая мощность излучается преимущественно в одном направлении, то в этом направлении увеличивается дальность действия Р. г.

Рыбкин Петр Николаевич (1865—1948) — ближайший сотрудник изобретателя радио А. С. Попова. Окончил в 1892 г. физико-математический факультет Петербургского университета. Был лаборантом и ассистентом А. С. Попова в Кронштадте. Принимал деятельное участие в создании первого в мире радиоприемника и в работах, связанных с применением беспроволочного телеграфа во флоте. В мае 1899 г. первый осуществил прием радиосигналов на слух.

Прослужил более полувека в Военно-морском флоте, где вел большую работу по подготовке морских радиоспециалистов. В 1922 г. по его инициативе в Кронштадте были организованы вечерние электротехнические курсы, выпустившие за 12 лет свыше 2500 радистов. Р. был награжден орденом Ленина.

Рысканье — установившиеся *автоколебания* регулируемых систем. Р. возможно из-за действия обратных связей и замкнутой цепи регулируемый объект — регулятор. У некоторых регулируемых систем (например, у систем с релейными и импульсными регуляторами, у экстремальных регулируемых систем и т. д.) Р. является рабочим режимом. У регулируемых систем непрерывного действия Р. служит признаком нарушения рабочего режима.

Рытов Сергей Михайлович (1908) — крупный советский специалист в области радиофизики; профессор, доктор физико-математических наук, лауреат Золотой медали имени А. С. Попова (1959). Окончил в 1930 г. физико-математический факультет Московского университета по специальности теоретической физики, а в 1933 г. аспирантуру под руководством акад. Л. И. Мандельштама по специальности теории колебаний.

Научные работы Р. относятся к теории колебаний (нелинейные и параметрические системы), теоретической радиотехнике (модуляция, стабилизация частоты генераторов), электродинамике (отражение радиоволн от ионосферы, поляризация в приближении геометриче-

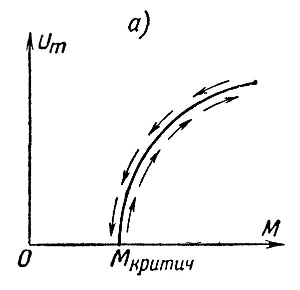
ской оптики), статистической радиофизике (теория теплового излучения, флуктуации в автогенераторах), а также к оптике и акустике. Работы по теории стабилизации частоты (совместно с А. М. Прохоровым и М. Е. Жаботинским) были удостоены в 1948 г. премии имени Л. И. Мандельштама. Награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени и медалями.

С

Самовозбуждение колебаний — возникновение колебаний без внешнего толчка. С. к. происходит в системах, способных совершать колебания, при неустойчивом состоянии равновесия системы. В этом случае малые начальные отклонения от состояния равновесия нарастают и в системе устанавливаются незатухающие колебания — *автоколебания*. Так как малые отклонения от состояния равновесия во всякой электрической цепи неизбежно существуют вследствие электрических *флуктуаций*, то при неустойчивом равновесии происходит нарастание малых колебаний без каких-либо внешних толчков или других внешних воздействий.

В *ламповых генераторах* и *регенераторах* при обратной связи, превышающей критическую, в большинстве случаев происходит С. к. Однако иногда колебания в них возникают только в результате достаточно сильного внешнего толчка. Такой режим работы генератора называется «жестким» в отличие от «мягкого режима», при котором возникает С. к.

Для мягкого режима характерно плавное изменение амплитуды автоколебаний при изменении величины обратной связи. При жестком режиме колебания возникают и прекращаются «скачком», т. е. сразу возникают колебания большой амплитуды и срыв колебаний происходит также при значительной их амплитуде. Зависимость амплитуды автоколебаний U_m от величины обратной связи M изображена на рис. *а* для мягкого режима и на



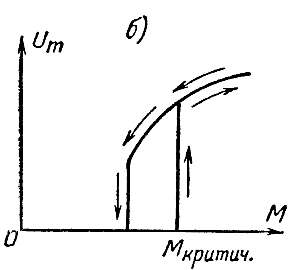


рис. *б* — для жесткого. В последнем случае срыв колебаний происходит при меньшей величине обратной связи, чем возникновение колебаний, т. е. наблюдается *затягивание* в обратной связи.

Самовозбуждение приемника — возникновение *паразитной генерации* в цепях высокой или низкой частоты приемника. Признаками С. п. являются сильные искажения принимаемых сигналов, а также непрерывный или прерывистый тон, свист или писк, который не прекращается и при отсутствии приема. С. п. в большинстве случаев возникает за счет паразитных обратных связей и наступает при работе приемника с максимальным усилением.

Самовыравнивание — свойство некоторых объектов регулирования сохранять устойчивый режим работы без применения специаль-

ных регуляторов. Кроме объектов с С., существуют объекты без С., с отрицательным С. и нейтральных объектов. Нормальная работа объектов регулирования без С., с отрицательным С. и нейтральных объектов возможна только с применением *автоматических регуляторов*.

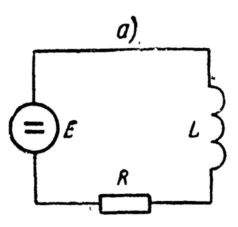
Самоиндукция — явление *электромагнитной индукции* в цепи, обусловленное изменениями магнитного поля в результате изменений тока, протекающего в той же цепи. Ток, текущий по какому-либо контуру, создает магнитный поток, пронизывающий этот контур. При изменении тока магнитный поток изменяется, вследствие чего в контуре индуцируется э.д.с., называемая в этом случае э. д. с. С. В соответствии с принципом Ленца э. д. с. С. всегда направлена так, что она препятствует тем изменениям тока в контуре, которые вызвали появление э. д. с.; значит, при увеличении тока э. д. с. С. направлена ему навстречу, а при уменьшении тока — в ту же сторону, куда течет ток.

Величина э. д. с. С., как и величина индуцированной э. д. с. во всех других случаях, пропорциональна скорости изменения магнитного потока, пронизывающего контур. В рассматриваемом случае магнитный поток Φ пропорционален току I в контуре, т. е. $\Phi = LI$, где L — индуктивность контура; э. д. с. С. e_L пропорциональна скорости изменения тока в контуре:

$$e_L = -L\frac{\Delta I}{\Delta t},$$

где ΔI — изменение тока в контуре за малый промежуток времени Δt. Знак минус в данной формуле указывает, что направление э. д. с. С. обратно «направлению» ΔI, которое «направлено» по току, если он возрастает, и против тока, если он убывает.

Явление С. играет роль во всех случаях, когда происходят изменения тока в контуре. Простейший случай — это включение источника постоянной э. д. с. E в цепь с индуктивностью L и с активным сопротивлением R (см. рис. *а*). Если

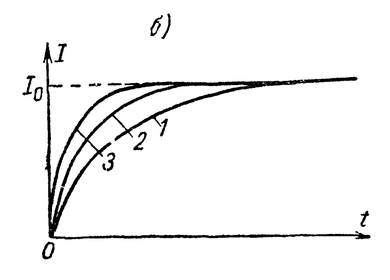


бы цепь не обладала индуктивностью, то после включения мгновенно установился бы ток $I_0 = E/R$. Но при наличии индуктивности возникновение тока вызывает появление э. д. с. С., направленной навстречу внешней э. д. с. В начальный момент, когда ток еще не возник, нет падения напряжения на сопротивлении R и внешняя э. д. с. целиком идет на преодоление встречной э. д. с. С., вследствие чего скорость нарастания тока в начальный момент максимальна.

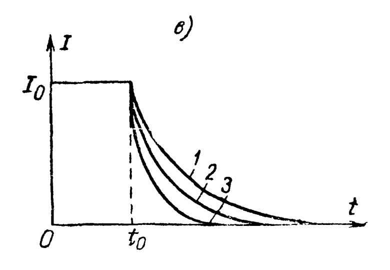
По мере увеличения тока все бо́льшая часть внешней э. д. с. расходуется на преодоление падения напряжения на сопротивлении R и все меньшая ее часть идет на преодоление встречной э. д. с. С. Поэтому по мере нарастания тока в цепи скорость нарастания становится все меньше и меньше. Через некоторое время нарастание тока практически прекращается и вся внешняя э. д. с. идет на преодоление падения напряжения в сопротивлении R; это наступит при том же значении тока I_0, которое установилось бы при отсутствии индуктивности.

Процесс установления тока в цепи изображен на рис. *б*; он длится тем дольше, чем больше L (так как тогда медленнее нарастает ток) и чем меньше R (так как тогда больше значение I_0, которого ток должен достигнуть). Таким образом, ско-

рость установления тока зависит от отношения L/R. Для кривой 1 на рис. *б* это отношение примерно в два раза больше, чем для кривой 2, и в три раза больше, чем для кривой 3.



Аналогичный рассмотренному простейший случай прекращения тока можно представить себе как мгновенное прекращение действия внешней э. д. с., но без разрыва цепи (практически можно осуществить такой случай лишь приблизительно). После прекращения действия внешней э. д. с. ток должен был бы сразу прекратиться, если



бы цепь не обладала индуктивностью. Однако, как только начинается уменьшение тока, возникает э. д. с. С., направленная в ту же сторону, в которую протекает ток, и поддерживающая его. Вначале скорость изменения тока наибольшая, значит наибольшей будет и э. д. с. С., а вместе с тем и создаваемый ею ток. По мере уменьшения скорости изменения тока э. д. с. С. падает и уменьшается создаваемый ею ток; через некоторое время ток практически упадет до нуля.

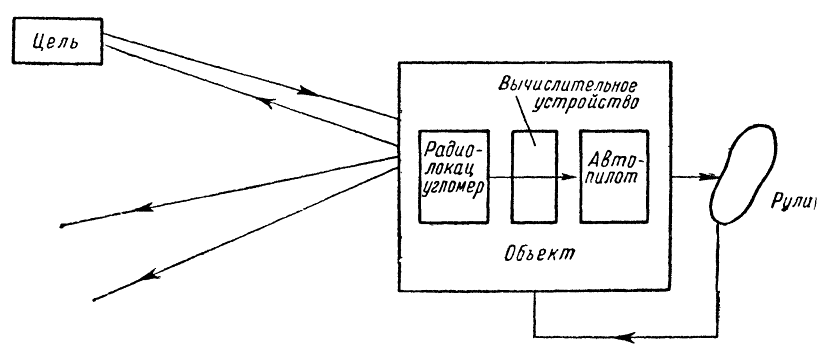
Процесс исчезновения тока изображен на рис. *в* (действие э. д. с. прекращается в момент времени t_0); длится он также тем дольше, чем больше отношение L/R. Для кривой 1 это отношение также примерно вдвое больше, чем для кривой 2, и втрое больше, чем для кривой 3.

Как видно, в случае постоянных токов явление С. практически играет роль лишь в течение некоторого времени после начала или прекращения действия э. д. с. А в случае переменных токов, когда изменение э. д. с. происходит непрерывно, все время играет роль и явление С., обусловливая *индуктивное сопротивление* цепи.

Самонаведение — автоматическое наведение движущихся объектов на неподвижные или движущиеся цели с использованием энергии излучения, идущей от цели к объекту. Такой энергией могут быть излучаемые или отражаемые целью радиоволны, тепловое или оптическое излучение, механические колебания среды и т. д. В зависимости от характера излучаемой энергии системы С. могут быть радиотехническими, тепловыми, световыми, акустическими. По расположению источников излучения С. делится на пассивное, активное и полуактивное. При пассивном С. энергия излучения создается на самой цели или естественными облучателями цели; при активном С. цель облучается источником энергии, установленным на движущемся объекте, и для С. используется энергия, отраженная от цели; при полуактивном С. цель облучается первичным источником энергии, расположенным вне цели и объекта.

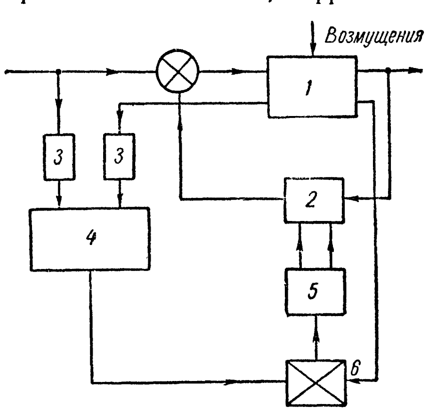
При С. применяются следующие методы взаимного сближения движущихся объектов и цели: метод наведения по кривой погони; методы наведения с упреждением. При первом методе вектор скорости движущегося объекта поддержива-

ется направленным на цель, а во втором случае — на точку встречи с целью, которая определяется счетно-решающими приборами. Точка встречи определяется на основании данных о движении цели и баллистических характеристик движущегося объекта. Для решения задачи С. на движущемся объекте устанавливается угломер или радиолокатор цели, определяющий направление объект — цель в некоторой системе координат. Блок-схема системы С. приведена на рис. Координаты цели, измеренные радиолокатором, подаются на вход *автопилота*, который вырабатывает нужное направление рулей, определяющих движение объекта.



Самонастраивающаяся автоматическая система — система автоматического управления, обладающая свойством приспособляемости к меняющимся условиям. Основным процессом в С. а. с. является автоматический поиск соотношений, удовлетворяющих заданным условиям. При автоматическом поиске происходит пробное изменение некоторых параметров системы, анализ результатов этих изменений и определение направления дальнейшего рабочего изменения для приведения характеристик к нужному виду. С. а. с. являются видом сложных систем с обратной связью, которые обладают свойством изменять свои динамические характеристики в соответствии с изменением окружающей обстановки и возмущений. С. а. с. можно разделить на два класса: системы с фиксированной структурой, не изменяющейся в процессе работы; со случайными структурой и параметрами, приходящими в соответствие с окружающей обстановкой по мере приобретаемого опыта.

С. а. с. (см. рис.) состоят из следующих основных элементов: управляемого объекта *1*; корректирующих устройств *2*; совокупности чувствительных элементов *3*, анализирующих возмущения, влияющие на поведение системы; вычислительного или логического устройства *4*, определяющего на основе



информации, поступающей к нему от чувствительных элементов и накапливающейся в его памяти, оптимальный или требуемый режим работы и вырабатывающего соответствующие сигналы управления; управляющего устройства *5*, реализующего оптимальные условия работы путем изменения структуры характеристик или параметров корректирующих устройств в соответствии с сигналами управления; сравнивающего устройства *6*, определяющего отклонения действительных и требуемых условий и вырабатывающего в случае необходимости дополнительные сигналы управления. В самом общем случае С. а. с. должны обладать способностью автоматически изменять заложенный в них алгоритм или вырабатывать новые алгоритмы, отображающие характер изменения внешних воздействий и внутренних процессов, к которым они должны приспосабливаться. С. а. с. являются характерными примерами реализации идей *кибернетики* в технике автоматического управления.

Санатрон — модификация *фантастрона*, отличающаяся включением в цепь положительной обратной связи усилительной лампы, анод которой связан с третьей сеткой, а управляющая сетка подключена к аноду или к первой сетке основного пентода. Благодаря этому повышается стабильность длительности выходных импульсов. Посредством С. удается получать импульсы длительностью порядка сотен наносекунд.

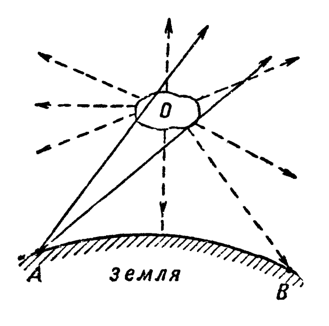
Сантиметровые волны — радиоволны длиной от 1 до 10 *см*; они не испытывают преломления в ионосфере и поэтому могут распространяться на расстояния, значительно превышающие пределы прямой видимости, только за счет сверхрефракции в тропосфере (см. *Преломление радиоволн в тропосфере*). В тропосфере С. в. испытывают также поглощение, тем более значительное, чем короче длина волны (это поглощение становится особенно сильным в некоторых участках диапазона от 1 до 2 *см* и миллиметровых волн). На С. в. может быть достигнуто сильное *направленное действие антенны* и осуществлены передача и прием очень широкой полосы частот (и, в частности, очень коротких импульсов). Это делает С. в. особенно пригодными для *радиолокации*, *радиорелейных линий* и некоторых других областей радиотехники.

Сверхвысокие частоты (СВЧ) — область наиболее высоких частот, применяемых в радиотехнике. Граница этой области (30 *Мгц*) соответствует волне 10 *м* и, таким образом, диапазон СВЧ охватывает радиоволны короче 10 *м*; он отличается рядом особенностей как в отношении методов возбуждения, приема и усиления колебаний, так и условий излучения и распространения волн. Особенности возбуждения и усиления колебаний обусловлены главным образом тем, что *время пролета электронов* в электронных лампах становится сравнимым с периодом колебаний, вследствие чего обычные методы генерации, усиления и преобразования колебаний в коротковолновой части диапазона СВЧ с помощью электронных ламп становятся малоэффективными. В этой области СВЧ применяются специальные методы и специальные электронные приборы для генерации, усиления и преобразования колебаний.

Особенности излучения и приема волн в диапазоне СВЧ обусловлены тем, что размеры антенны могут во много раз превосходить длину волны, и поэтому становится возможным достигнуть высокого направленного действия и большого *усиления антенны*. Наконец, особенности распространения волн, принадлежащих к диапазону СВЧ, обусловлены главным образом тем, что для этого диапазона сколько-нибудь значительного преломления радиоволн в *ионосфере* не происхо-

дит, вследствие чего эти волны, как правило, не распространяются далеко за пределы прямой видимости.

Сверхдальнее распространение ультракоротких радиоволн — распространение наиболее коротких (метровых, дециметровых и сантиметровых) волн на расстояния, значительно превышающие пределы прямой видимости. Поскольку на этих волнах *дифракция* не играет заметной роли, а преломление радиоволн в тропосфере при нормальных условиях вызывает лишь незначительное искривление их путей, то наиболее короткие волны



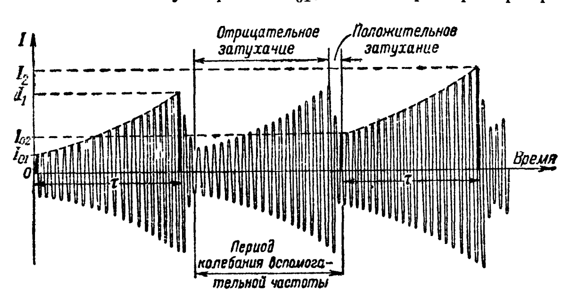
не должны распространяться далеко за пределы прямой видимости. Однако нередко наблюдается С. р. у. р. этих диапазонов (например, иногда принимаются передачи телецентров, находящихся на расстоянии сотен и даже тысяч километров от места приема). В некоторых случаях причиной С. р. у. р. является *волноводное распространение радиоволн*, в других случаях это может быть *рассеяние волн* на неоднородностях в тропосфере и ионосфере. Если область *O*, рассеивающая радиоволны, находится достаточно высоко над поверхностью Земли (см. рис.) и в нее попадают волны от передающей станции *A*, то рассеянные волны, распространяющиеся из области *O* во всех направлениях, могут достигнуть точки *B*, лежащей в пределах прямой видимости для области *O*, т. е. далеко за пределами прямой видимости для передающей станции.

Рассеяние в ионосфере может быть причиной С. р. у. р. не короче нескольких метров. Наоборот, рассеяние в тропосфере вызывает С. р. у. р. главным образом сантиметрового и дециметрового диапазонов. Причиной С. р. у. р. метрового диапазона может быть также повышенная ионизация в ионосфере (при нормальной ионизации ионосфера не отражает волн короче 8—10 *м*).

Сверхгенератор (суперрегенератор) — *регенератор*, работающий при периодически изменяющемся затухании контура, которое в течение части периода становится отрицательным (см. *Отрицательное сопротивление*). Периодическое изменение затухания сеточного контура осуществляется путем подачи на сетку лампы вспомогательных колебаний сверхзвуковой частоты, создаваемых этой же лампой или специальным генератором. Напряжение сверхзвуковой частоты изменяет положение *рабочей точки* на характеристике, а вместе с тем и крутизну характеристики лампы в рабочей точке. Соответственно изменяется и количество энергии, поступающей в сеточный контур из анодной цепи благодаря обратной связи. Когда крутизна характеристики велика и поступающая энергия превышает потери энергии в контуре, он будет обладать отрицательным сопротивлением, затухание контура станет отрицательным и в С. начнется возрастание колебаний. В другую часть периода вспомогательной частоты, когда крутизна характеристики уменьшается, сопротивление контура станет положительным и возросшие колебания будут затухать.

Таким образом, в колебательном контуре С. вследствие периодического изменения затухания будут появляться группы колебаний, сначала возрастающих, а потом затухающих. При этом наибольшее зна-

чение амплитуды, до которой успевают возрасти колебания (за некоторую долю периода колебаний вспомогательной частоты), существенно зависит от их амплитуды в начале возрастания (см. рис). Если вначале амплитуда равна I_{01}, то за



время τ она возрастает до значения I_1; если же начальная амплитуда равна I_{02}, то за такое же время τ она возрастает до значения I_2; это обстоятельство и используется в С.

Когда внешний сигнал отсутствует, то в контуре происходят лишь слабые колебания, обусловленные *электрическими флуктуациями*. За время, пока затухание отрицательно, эти колебания успевают возрасти до сравнительно небольшой величины и проявляются в виде слышимого в телефон шороха или шипения («суперный шум»). Если же на С. действует сигнал, амплитуда которого больше уровня флуктуаций, то колебания в С. возрастают до бо́льших амплитуд, чем в отсутствие сигнала. Чем больше амплитуда сигнала, тем больше амплитуда, до которой возрастают колебания в С., и тем больший ток получается после детектирования этих колебаний.

Обычный регенератор, для достижения большой чувствительности, должен работать у порога генерации; но этот режим неустойчив, так как при небольших изменениях крутизны характеристики или других параметров схемы может возникнуть генерация колебаний. А в С. режим все время изменяется и небольшие случайные его изменения практически не влияют на процесс. Чувствительность С. примерно такая же, как в обычном регенераторе при работе его у самого порога генерации. С. применяются главным образом на ультракоротких волнах.

Недостатком С. является невысокая *избирательность*; это объясняется тем, что возрастание колебаний начинается от того сигнала, который был принят С. при большом затухании контура, когда его избирательность мала.

Сверхрефракция — см. *Преломление радиоволн в тропосфере.*

Световая характеристика (*фотосопротивления*, *фотодиода*, *фотоэлемента*) — зависимость величины *фототока* от освещенности. Начальный участок С х. линейный, но по мере повышения освещенности приращеиия фототока могут уменьшаться. У фотосопротивлений и вентильных фотоэлементов это происходит в связи с понижением их чувствительности, а у фотодиодов, работающих с дополнительным источником питания, — из-за ограничения максимального значения тока величиной нагрузочного сопротивления.

Световой поток — поток лучистой энергии, содержащий волны в пределах видимого спектра. С. п. измеряется мощностью (энергией в единицу времени), проходящей через сечение потока, «взвешенной» с помощью *кривой видности* $v(\lambda)$ (световые ватты). Единица С. п. — *люмен (лм)*.

Взвешивание поясняется следующим примером: пусть С. п. состоит из одного ватта монохроматического излучения с длиной волны λ_1 и

двух ватт с длиной волны λ_2. Тогда суммарный С. п. содержит $1v(\lambda_1) + 2v(\lambda_2)$ световых ватт и равен

$$\Phi = 683\ [1v(\lambda_1) + 2v(\lambda_2)]\ \ [\text{лм}].$$

Для С. п., содержащего непрерывный спектр, взвешивание состоит в аналогичном сложении большого числа произведений мощности, приходящейся на каждый небольшой участок спектра, на значение $v(\lambda)$ в этом участке.

Как видно из приведенного примера, одному ватту монохроматического излучения с длиной волны $\lambda_м = 0{,}55$ *мк* [максимум чувствительности зрения $v(\lambda_м) = 1$] соответствует максимальный световой поток, равный 683 *лм*. Во всех других случаях одному ватту соответствует меньший С. п., определяемый спектральным составом излучения.

Световые характеристики (передающих телевизионных трубок) — зависимость тока сигнала от уровня освещенности фотокатода. Все С. х. нелинейны в рабочей части (с показателем $\gamma < 1$) и обладают насыщением при увеличении освещенности. Вследствие перераспределения вторичных электронов, возвращающихся на мишень, сигнал в данной точке зависит не только от ее освещенности, но и от освещенности соседних точек. Такой неоднозначности С. х. нет в *видиконах* (в режиме медленных электронов) и *эйбиконах*. Эти трубки не образуют «черного пятна», «*черного ореола*» и обеспечивают весьма равномерный фон.

Светоделительное зеркало (ТВ) — светофильтр, отражающий преимущественно в одной части спектра и прозрачный — в другой. С. з. основано на интерференции в тонкой пленке (окиси кремния), покрывающей стекло. Если толщина пленки соответствует одной четверти длины волны света ($\lambda/4$), то луч, дважды отраженный от границ воздух — пленка и пленка — стекло, будет погашен благодаря сложению колебаний в противоположных фазах. Следовательно, для данного значения λ С. з. будет полностью прозрачным. Для другой волны (λ_1) фазы отраженных лучей будут совпадать и С. з. будет полностью отражать лучи с этой λ_1. С. з. используется в качестве светофильтров в камерах цветного телевидения.

Светоклапанные системы — устройства для приема телевизионных изображений, в которых *записывающий электронный луч* управляет коэффициентом отражения или прозрачностью каждого элемента некоторой мишени. Изображение можно видеть, освещая мишень внешним светом или на просвет. С помощью С. с. можно осуществить прием телевизионной программы на большой экран, пропуская (диаскопическая проекция) или отражая от мишени (эпидиаскопическая проекция) большие световые потоки от дуговых ламп. Прием телевизионных изображений с помощью С. с. возможен при условии, что записанное значение прозрачности или коэффициента отражения сохраняется не более чем на время передачи одного кадра.

Свеча — основная светотехническая единица *силы света*. С. соответствует силе света, излучаемого 1/60 *см*^{2} поверхности полного излучателя (абсолютно черного тела) при температуре затвердевания платины 2046,6° К. Сокращенное обозначение С. — *св*.

Свипп-генератор — *генератор сигналов*, в котором частота колебаний периодически изменяется в некоторых пределах (обычно она сравнительно медленно меняется в одном направлении и более быстро в обратном), что ускоряет процесс изучения частотных характеристик различных цепей.

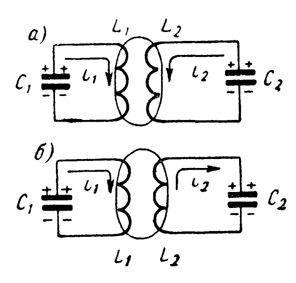
Свободные колебания — то же, что *собственные колебания*.

«Свободные» электроны — см. *Электронная проводимость*.

СВЧ — см. *Сверхвысокие частоты.*

Связанные колебания — *собственные колебания*, возникающие в *связанных контурах*. В таких контурах возникает обычно одновременно несколько С. к. с различными частотами. Число этих колебаний равно числу связанных контуров. Простейшим является случай двух одинаковых контуров, имеющих каждый в отдельности одну и ту же частоту собственных колебаний. Чтобы возбудить собственные колебания в этих двух связанных контурах, можно воспользоваться тем же приемом, как и для возбуждения собственных колебаний в одном контуре: зарядить конденсатор одного из контуров, например C_1, и замкнуть его на катушку L_1. Однако, если контур L_1C_1 связан (например, индуктивно) с L_2C_2, то в обоих контурах возникают два С. к., частоты которых оказываются одна выше, а другая ниже той одинаковой частоты, на которую настроен каждый контур в отдельности. Происходит так называемое «расщепление частоты», для объяснения которого рассмотрим простейший случай двух индуктивно связанных одинаковых контуров (индуктивная связь выбрана лишь для конкретности, а характер рассматриваемых явлений не зависит от типа связи между контурами).

В двух индуктивно связанных контурах собственные колебания можно возбудить различными способами. Рассмотрим два из них: первый, когда в начальный момент оба конденсатора C_1 и C_2 заряжены до одинакового напряжения одного знака (см. рис. *а*), и второй, когда они заряжены до одинакового напряжения противоположных знаков (см. рис. *б*). Так как контуры идентичны и начальные условия в них симметричны, то оба случая, хотя и могут отличаться друг от друга знаками зарядов и направлениями токов, но во всем остальном должны быть подобны друг другу. Если одновременно начнется разряд обоих конденсаторов, то в случае, представленном на рис. *а*, в контурах возникнут одинаковые собственные колебания, при которых токи в катушках L_1 и L_2 всегда одинаковы по направлению. Следовательно, э. д. с. самоиндукции в каждой из катушек L_1 и L_2 будет складываться с э. д. с. взаимоиндукции, наводимой из другого контура (при соответствующем выборе



направления намотки катушек). В случае рис. *б* также возникнут одинаковые собственные колебания, при которых, однако, токи в катушках всегда будут направлены в противоположные стороны, и э. д. с. взаимоиндукции, наводимая из другого контура, всегда вычитается из э. д. с. самоиндукции, возникающей в катушке данного контура.

Упомянутые два типа собственных колебаний соответственно называют синфазными и противофазными. В данном конкретном случае это название говорит о том, что при синфазных колебаниях э. д. с. самоиндукции и э. д. с. взаимоиндукции совпадают по фазе (в обоих контурах); в случае противофазных, — что э. д. с. самоиндукции и э. д. с. взаимоиндукции противоположны по фазе (в обоих контурах). Влияние одного контура на другой в обоих случаях можно учесть, считая, что э. д. с. взаимоиндукции отсутствует, но зато как бы изменилась индуктивность каждого из контуров — увеличи-

лась при синфазных колебаниях и уменьшилась при противофазных. Следовательно, синфазные колебания будут происходить с меньшей частотой, а противофазные — с большей частотой, чем частота каждого из контуров. Эти две новые частоты называются нормальными частотами или частотами связи.

В общем случае, если задать иные по сравнению с ранее выбранными начальные условия, то возникнут сразу синфазные и противофазные колебания с различными, но близкими частотами. Эти два колебания, близкие по частоте, создадут *биения*. Чем сильнее связь между контурами, тем больше э. д. с. взаимоиндукции (при прочих равных условиях) и тем сильнее расщепление частот, а значит, частота биений становится выше.

В случае двух связанных контуров, настроенных каждый в отдельности на разные частоты, происходит дальнейшее расхождение частот, различие между нормальными частотами увеличивается. Низшая из нормальных частот оказывается ниже более низкой из парциальных частот, на которую настроен один из контуров, а высшая из нормальных частот оказывается выше той более высокой парциальной частоты, на которую настроен другой контур. Поэтому даже при слабой связи между контурами обе нормальные частоты связанных контуров могут значительно отличаться друг от друга (это определяется настройкой каждого из контуров, если связь между ними очень слаба). По мере увеличения связи между контурами различие между нормальными частотами связанных контуров становится все больше и больше.

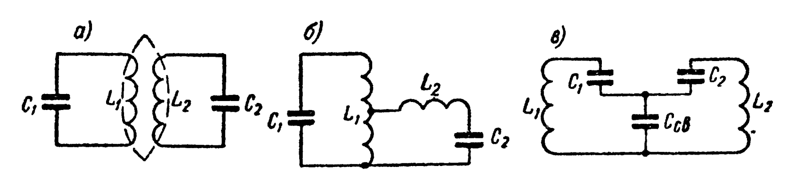
Связанные контуры — колебательные контуры (два или несколько), связанные между собой индуктивно или емкостно *(связь между контурами)*. Наличие связи между контурами создает условия для возникновения *связанных колебаний*, обладающих различными частотами, которые называются частотами связи (число этих частот равно числу С. к.). Так как резонанс наступает при совпадении частоты внешней э. д. с. с одной из частот собственных колебаний системы, то в С. к. наблюдается резонанс на всех различных частотах связи (см. *Резонанс в связанных контурах*).

Связи систем автоматического управления — устройства для осуществления систем автоматического управления с необходимыми качественными показателями и структурными схемами. Различают четыре типа С. с. а. у.: последовательные, параллельные, обратные, взаимные. С. с. а. у., осуществляемые при помощи обычного безынерционного усилителя, называются жесткими, а при помощи инерционных и дифференцирующих звеньев — гибкими. С. с. а. у., которые служат для ускорения передачи некоторых сигналов, называют форсирующими. Если при прохождении через устройства С. с. а. у. сигналы запаздывают, то такие устройства называют запаздывающими. В современных системах автоматического управления, построенных на электронных и полупроводниковых устройствах, в качестве С. с. а. у. используются электрические или электронные RC-цепи.

Связь между контурами — взаимодействие колебательных контуров, при котором токи или напряжения в одном из контуров вызывают появление э. д. с. или напряжений в другом контуре. При этом за счет энергии, накопленной в одном контуре, может поддерживаться ток в другом, т. е. происходить переход энергии из одного контура в другой.

В зависимости от характера взаимодействия различают связь индуктивную, т. е. либо трансформаторную (см. рис. *а*), осуществляемую через общее магнитное поле, пронизывающее катушки обоих контуров, либо автотрансформаторную (см.

рис. *б*), при которой контуры имеют общую индуктивность (помимо индуктивностей каждого из контуров), или емкостную (см. рис. *в*), при которой контуры имеют общую емкость (помимо емкостей каждого из контуров), а также смешанную, при которой контуры имеют общую индуктивность и общую емкость. Однако определение характера С. м. к., вообще говоря, неоднозначно, ибо он зависит от того, как выделить те два контура, связь между которыми рассматривается. Только в простейшем случае трансформаторной связи (см. рис. *а*) однозначно выделяются два контура C_1L_1 и C_2L_2 и однозначно определяется характер связи между ними.



Но, например, в случае, изображенном на рис. *в*, можно считать, что связаны между собой два контура: первый, состоящий из индуктивности L_1, емкости C_1 и емкости $C_{св}$, и второй, состоящий из индуктивности L_2, емкости C_2 и емкости $C_{св}$. С. м. к. в этом случае является емкостной, так как оба контура имеют общую емкость $C_{св}$. Но можно также считать, что связаны между собой два контура: первый, состоящий из индуктивности L_1, емкости C_1 и емкости $C_{св}$, и второй, состоящий из индуктивности L_1, емкости C_1, емкости C_2 и индуктивности L_2. С. м. к. в этом случае смешанная, так как контуры имеют общую индуктивность L_1 и общие емкости C_1 и C_2.

Вследствие наличия паразитной емкости или паразитной взаимной индуктивности между элементами контуров С. м. к. часто оказывается смешанной; например, при индуктивной С. м. к. всегда существует паразитная емкость между катушками, которая обусловливает также и емкостную С. м. к.

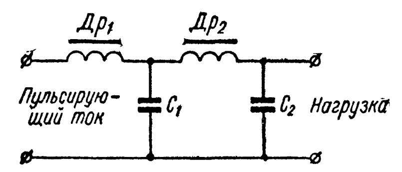
Количественной характеристикой С. м. к. служит коэффициент связи. Наиболее сильной С. м. к. соответствует коэффициент связи, равный единице (коэффициент связи часто выражают в процентах). При индуктивной С. м. к. коэффициент связи увеличивается с ростом взаимной индуктивности катушек L_1 и L_2 (см. рис. *а*). При емкостной С. м. к. коэффициент связи увеличивается при уменьшении емкости $C_{св}$, входящей в оба контура (см. рис. *в*).

Сглаживание (пульсирующего напряжения) — уменьшение переменной составляющей в пульсирующем токе, осуществляемое с помощью *сглаживающих фильтров*.

Сглаживающие цепи и устройства — устройства для обработки сигналов, в результате которой отклонения формы сигналов от желаемой становятся менее резкими или же полностью пропадают.

Сглаживающий фильтр — фильтр, выделяющий из пульсирующего тока постоянную составляющую и преграждающий путь переменной составляющей. Для этого в цепь пульсирующего тока последовательно с нагрузочным сопротивлением включаются дроссель *Др* с большой индуктивностью и параллельно конденсатор *С* большой емкости (см. рис.). Дроссель имеет малое сопротивление для постоянной составляющей тока и большое — для переменной; конденсатор, наоборот, имеет малое сопротивление для переменной составляющей и весьма большое —

для постоянной. Поэтому С. ф. пропускает постоянную составляющую тока и почти не пропускает переменной. Для лучшего сглаживания пульсаций в фильтр включают не-



сколько конденсаторов и дросселей.

При небольших токах нагрузки вместо дросселей иногда ставят активные сопротивления, но на них происходит потеря части постоянного напряжения и вследствие этого уменьшение к. п. д. С. ф.

Сдвиг фаз — отставание во времени *фазы* одного периодического процесса от фазы другого, выраженное в радианах или угловых градусах, причем весь период принимается равным 2π *рад* или 360°. Когда оба процесса происходят с одинаковым периодом, то отставание в прохождении через одинаковые фазы, а значит, и С. ф. остаются постоянными. Если же процессы происходят с разными периодами, то С. ф. между ними все время изменяется.

Чаще всего приходится учитывать С. ф. между двумя *гармоническими колебаниями* одинаковой частоты, например между напряжением и током в цепи переменного тока, между напряжениями или токами в разных точках длинной линии или антенны и т. д. С. ф. между напряжением и током возникает в цепи, обладающей емкостью или индуктивностью. Емкость создает отрицательный С. ф. на 90° между напряжением и током, т. е. ток опережает напряжение на четверть периода. Индуктивность создает положительный С. ф. на 90°, т. е. ток отстает от напряжения на четверть периода. При наличии в цепи *емкостного*, *индуктивного* и *активного сопротивлений* С. ф. в зависимости от соотношения их величин может иметь различные значения в пределах от —90° до + 90°, причем он будет отрицательным, если емкостное сопротивление больше индуктивного, и положительным в противоположном случае.

С. ф. между напряжениями или токами в различных точках длинной линии, кабеля, волновода и т.п. возникает вследствие конечной скорости распространения электромагнитных волн вдоль линии. В точках, находящихся дальше от того места, откуда распространяется волна, все изменения напряжения (или тока) происходят с некоторым запозданием по сравнению с более близкими точками, т. е. С. ф. между процессами в разных точках линии будет тем бо́льшим, чем больше расстояние между точками.

Если две точки линии находятся на расстоянии l друг от друга и скорость распространения волн вдоль линии равна v, то время распространения волны от первой точки до второй равно:

$$\tau = \frac{l}{v}.$$

Это время, выраженное в долях периода волны T (период равен 2π *рад* или 360°), и представляет собой С. ф. между колебаниями в двух рассматриваемых точках, т. е. С. ф.

$$\varphi = 360° \frac{\tau}{T} = 360° \frac{l}{\lambda} \ [град] = \frac{2\pi l}{\lambda} \ [рад],$$

где $\lambda = vT$ — *длина волны* в линии.

Таким же образом определяется С. ф. между напряженностями поля электромагнитной волны в двух точках, находящихся на разном расстоянии от передающей антенны, или двух волн, пришедших в одну и ту же точку разными путями:

$$\varphi = 360^\circ \frac{\Delta}{\lambda} \; [\textit{град}] = \frac{2\pi\Delta}{\lambda} \; [\textit{рад}],$$

где Δ — *разность хода*.

Сдвигающий регистр — двоичный *регистр*, в котором хранимая информация может продвигаться влево или вправо на один или несколько двоичных разрядов за один рабочий такт. В динамических регистрах сдвиг обусловлен характером работы динамических *запоминающих элементов* или свойствами среды, куда записана информация; например, сдвиг информации в *магнитном барабане* производится за счет перемещения носителя относительно магнитной головки, в акустической *линии задержки* — за счет эффекта распространения звуковых волн. В статических регистрах операция сдвига осуществляется путем переписи содержимого каждого разряда регистра в соседний разряд (справа или слева). С. р. находят многообразное применение в схемах электронных цифровых машин (в арифметических устройствах), в устройствах ввода и вывода (для преобразования параллельного двоичного кода в последовательный и т. п.). Другие названия С. р., встречающиеся в литературе, — сдвиговый регистр, регистр со сдвигом.

Сегнетоэлектрики — *диэлектрики*, у которых *диэлектрическая проницаемость* зависит от напряженности электрического поля. Получили свое название от сегнетовой соли, в которой акад. И. В. Курчатов и чл.-корр. АН СССР П. П. Кобеко впервые обнаружили указанную зависимость. С. дают возможность при помощи электрического напряжения изменять емкость конденсатора, у которого диэлектриком является С. Эта возможность широко используется в технике, например, для изменения частоты колебательного контура, в *диэлектрических усилителях* и т. д.

На практике применяется не сегнетова соль (в технике используются лишь ее пьезоэлектрические свойства), а преимущественно керамические С. Они были впервые получены чл.-корр. АН СССР Б. М. Вулом и названы титанатами, так как их основой является двуокись титана. Максимальное значение диэлектрической проницаемости у титанатов очень велико (например, у титаната бария оно достигает 8000) и под действием электрического поля меняется в десятки раз. Диэлектрическая проницаемость С. проявляется аналогично *магнитной проницаемости* ферромагнетиков. Диэлектрическая проницаемость С. сильно зависит от температуры.

Сначала она увеличивается с повышением температуры, но после того как температура достигнет некоторого определенного значения (*Кюри точки*), диэлектрическая проницаемость С. резко падает.

Керамические С. применяются также для изготовления малогабаритных конденсаторов большой емкости.

СЕКАМ — смешанная, последовательно-одновременная система цветного телевидения, разработанная во Франции (см. *Совместимая система цветного телевидения*).

Селективность (избирательность) — способность систем телеуправления выявлять из большого количества посылаемых сигналов один или группу каких-либо сигналов определенного вида, требуемых для управления данным объектом. Основной характеристикой систем телеуправления является используемый в них принцип селекции. Применяемые системы селекции делятся на одно- и многоканальные. В многоканальных системах несколько различных сигналов посылаются по нескольким линиям связи одновременно, а в одноканальных — последовательно во времени.

Селективность приемника — то же, что *избирательность приемника*.

Селекторы импульсов — устройства, осуществляющие *селекцию* (квазиселекцию) *импульсов*. В зависимости от назначения различают *селекторы импульсов по амплитуде*, *по длительности*, *по положению*, *по полярности*, *по частоте повторения*.

Селекторы (квазиселекторы) импульсов по амплитуде — устройства, которые в зависимости от назначения выполняют регистрацию импульсов, амплитуда которых выше заданной или заключена в заданных пределах.

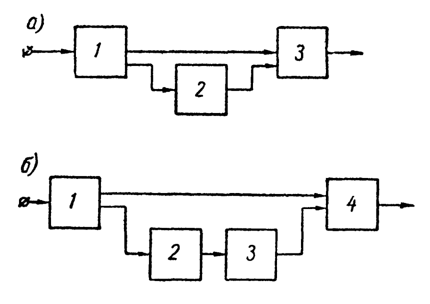
Селектор 1
Запрет
Выход
Вход
Селектор 2

Простейшими устройствами первого типа являются ограничители. Другой класс устройств этого типа — *триггеры* (в режиме формирования). Порог срабатывания последних устанавливается в зависимости от требуемого порога амплитуды.

Устройства второго типа могут быть построены по блок-схеме, изображенной в упрощенном виде на рис. Селекторы *1* и *2* срабатывают, когда амплитуда входных импульсов достигает нижнего и верхнего порога. Выходной сигнал снимается со схемы запрета, подключенной к выходу селектора *1* и управляемой селектором *2*. Для устранения помех (в интервалах, где входное напряжение изменяется между порогами, на выходе может возникнуть ложный сигнал) полезно произвести стробирование выходного сигнала, т. е. выделение той его части, которая соответствует вершине входного импульса; это выполняется специальной ключевой схемой.

Селекторы (квазиселекторы) импульсов по длительности — устройства, регистрирующие импульсы, длительность которых в зависимости от назначения превышает заданную, меньше заданной, заключена в заданных пределах. Для построения этих классов квазиселекторов используются три метода.

1. Метод, основанный на сведении к селекции импульсов по положению. В устройстве первого типа (см. рис. *а*) входной импульс поступает на блок выделения фронтов *1* (дифференцирующая цепь с селектором по полярности). Передним фронтом входного импульса запускается ждущий релаксатор *2*. Его выходной импульс и продифференцированный задний фронт входного поступают на *схему совпадения 3*, которая срабатывает лишь в том случае, когда задний фронт входного импульса во время перекрывается выходным импульсом релаксатора. Время восстановления устройства уменьшается, если производить сброс релаксатора импульсом с выхода схемы совпадения.



В устройстве второго типа входной импульс подается на схему

совпадения вместе со своим продифференцированным и задержанным на заданное время передним фронтом.

В устройстве третьего типа (см. рис. *б*) входной импульс поступает на блок выделения фронтов *1*. Продифференцированный передний фронт задерживается на время $t_{мин}$, равное нижнему пределу длительности $t_и$ селектируемых импульсов, и запускает формирователь *3*. Последний вырабатывает импульс длительности $t_{макс}—t_{мин}$, где $t_{макс}$ — верхний предел $t_и$. Этот импульс вместе с продифференцированным задним фронтом входного импульса поступает на схему совпадения *4*. В качестве блока задержки *2* могут быть использованы линия задержки или ждущий релаксатор, а в качестве блока *3* — ждущий релаксатор. Для ускорения восстановления устройства полезно применить сброс формирователя *3* импульсом с выхода *4*.

Описанный метод пригоден для селекции в широком диапазоне длительностей, начиная с нескольких микросекунд.

2. Метод, использующий отражение в линиях задержки и амплитудную селекцию получаемых таким образом ступенчатых импульсов. Область применения — длительности от долей микросекунды до нескольких миллисекунд.

3. Метод, использующий преобразование входных импульсов в пилообразное напряжение и последующую амплитудную селекцию пилообразных импульсов. В качестве формирователя пилообразного напряжения нередко применяется интегрирующая цепь.

Селекторы импульсов по положению — устройства для выделения той части входного сигнала, которая занимает заданный временной интервал. Обычно состоят из ключа, пропускающего входной сигнал, и генератора импульсов, включающего ключ на определенное время. В квазиселекторах по положению в качестве ключа используется схема совпадения. Частным классом С. и. п. п. являются селекторы импульсов по фазе (т. е. по относительному расстоянию от соответствующих импульсов стандартной частоты).

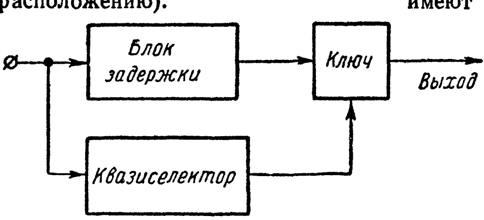
Селекторы импульсов по полярности — устройства для выделения импульсов той или иной полярности. Простейший пример — диодный ограничитель со смещающим потенциалом, равным начальному уровню импульсного напряжения. Полярность выделяемых импульсов определяется полярностью включения диода.

Селекторы (квазиселекторы) импульсов по частоте повторения — устройства для выделения последовательности входных импульсов, когда частота их повторения больше или меньше заданной или лежит в установленных пределах, либо для выделения последовательности равноотстоящих входных импульсов на фоне импульсных помех. Устройства первого типа могут быть построены на основе селекторов по длительности; устройства второго типа — на основе селекторов по положению. Возможны и другие технические решения. Например, устройство для выделения последовательности импульсов, частота которой не превышает установленных (достаточно близких) пределов, может быть основано на селектирующих свойствах колебательного контура.

Селектрон — тип *запоминающей электронно-лучевой трубки*, в которой выбор *запоминающего элемента* осуществляется не за счет отклонения электронного луча, а путем возбуждения двух пар взаимно перпендикулярных селектирующих шин, образующих перед экраном решетку

Селекция импульсов — выделение из последовательности импульсов с тем или иным заданным признаком (селекция по амплитуде, временна́я селекция по длитель-

ности и по положению, селекция по полярности). Более простой задачей является регистрация появления импульсов с заданным признаком. При этом выходные импульсы синфазны селектируемым, но не обязательно повторяют их форму. Такая регистрация называется квазиселекцией. Применятся также селекция групп импульсов (по их числу или взаимному расположению).



Селектор (в узком смысле) импульсов обычно использует квазиселектор, управляющий ключом, на вход которого подаются задержанные входные импульсы (см. рис.). Необходимое время задержки равно разрешающему времени квазиселектора, т. е. времени, в течение которого выясняется соответствие входного импульса заданному признаку.

Селекторы импульсов различного типа применяются в системах связи (для повышения помехозащищенности устройств, разделения каналов, выделения синхронизирующих импульсов), в электронных цифровых машинах, в качестве составных элементов других селекторов и т. п.

Селеновый выпрямитель — полупроводниковый выпрямитель, в котором используется свойство односторонней проводимости селеновых вентилей, изготавливаемых в виде дисков или шайб различного диаметра.

Сельсины — электрические машины переменного тока, применяемые в *индукционных системах синхронной связи*, обладающие свойством самосинхронизации. Обычные С. имеют две обмотки: одну однофазную и вторую трехфазную. Трехфазная обмотка располагается в пазах статора или ротора со сдвигом фаз на 120°. Если однофазную обмотку включить в сеть переменного тока (в этом случае она будет обмоткой возбуждения), то во всех трех фазах трехфазной обмотки (обмотки синхронизации) возникнут э. д. с. Эти э. д. с. имеют одинаковые фазы, но различаются по амплитуде. При включении к обмотке синхронизации симметричной нагрузки соотношение токов в фазах обмотки будет таким же, как соотношение э. д. с. В индукционных системах синхронной связи нагрузкой для С. является другой С. Один из С. жестко связывается с задающей осью и называется С.-датчиком, другой жестко связывается с исполнительной осью и называется С.-приемником. Питание обмоток возбуждения обоих С. осуществляется от одной сети. С. подобны поворотным трансформаторам, у которых при вращении ротора происходит плавное изменение взаимной индуктивности между обмотками возбуждения и синхронизации. Происходящие при этом изменения величины или фазы наведенных в обмотках датчика э. д. с. вызывают соответствующие изменения в приемнике, вследствие чего возникают электромагнитные моменты, которые заставляют вращаться ротор С.-приемника.

По эксплуатационным соображениям, большинство С. строится с обмоткой возбуждения на статоре. Для самосинхронизации в пределах одного оборота число полюсов у С. всегда берут равным двум. Основной характеристикой С. является величина статического синхронизирующего момента, под которой подразумевают вращающий момент, действующий на валу не-

подвижного ротора при определенном угле рассогласования. Момент, развиваемый при угле рассогласования 1°, называют удельным синхронизирующим моментом.

Широкое распространение получили бесконтактные С., не имеющие контактов для подвода тока к обмотке ротора.

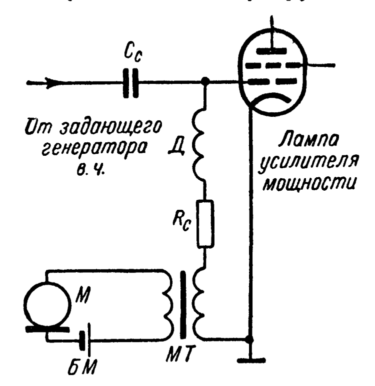
Семейство характеристик — см. *Анодные характеристики* и *Сеточные характеристики*.

Сетевого планирования методы — недавно возникшее прогрессивное направление планирования и организации всякого рода сложных и длительных работ. Основные идеи С. п. м. связаны с теоретико-структурными, сетевыми, логическими и другими представлениями кибернетики. Кроме того, само использование таких методов предполагает в большинстве случаев привлечение программируемых цифровых вычислительных машин. С. п. м. позволяют обнаруживать критические элементы выполняемой программы — срыв плановых сроков, отклонение от предварительных оценок стоимости, снижение надежности и ряд других. В простейших случаях, когда число элементов программы исчисляется десятками, сетевое планирование можно осуществлять вручную. Программы работ по перспективному планированию сложного проекта, его техническому воплощению, проведению поверочных испытаний требуют обязательного привлечения быстродействующих вычислительных машин.

Сетевой фильтр — фильтр, защищающий радиоприемник от местных помех, которые могут проникнуть через электрическую сеть. В большинстве случаев такие помехи создаются искрами, возникающими от расположенных поблизости электроприборов и электрических установок.

Сетка — *электрод* в *электронной лампе* или в других электронных приборах, сделанный из проволоки, имеющий форму цилиндрической спирали или решетки и т. п., предназначенный для создания электрических полей на пути движения электронов (или ионов). Присоединенная к какому-либо источнику напряжения С. создает электрическое поле, влияющее на условия движения электрических зарядов сквозь С. У трехэлектродной лампы единственная С. служит для управления величиной анодного тока и называется управляющей С. В многоэлектродных лампах применяются еще одна или несколько вспомогательных С., к которым подводятся постоянные напряжения. Эти С. служат для лучшего использования лампы, но не участвуют непосредственно в управлении величиной анодного тока. В некоторых многоэлектродных лампах применяются две управляющие С. (например, в *смесительных лампах*).

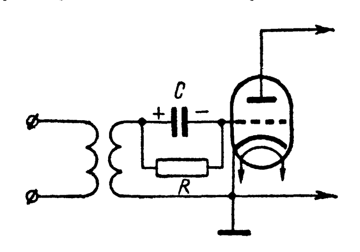
Сеточная модуляция — *амплитудная модуляция*, осуществляемая путем подачи модулирующего



напряжения на *сетку электронной лампы*, которая работает в качестве усилителя модулируемых колебаний (см. рис.). При этом модулирующее напряжение играет роль переменного *сеточного смещения*. Если в отсутствие модулирующего напряжения рабочая точ-

ка лежит у нижнего сгиба характеристики усилительной лампы, то при положительном модулирующем напряжении амплитуда высокочастотной составляющей анодного тока возрастает, а при отрицательном модулирующем напряжении — уменьшается. Соответственно изменяется и амплитуда вынужденных колебаний в колебательном контуре, включенном в качестве анодной нагрузки усилительной лампы. Чтобы была возможна *глубина модуляции* до 100%, амплитуда высокочастотного напряжения, подводимого к сетке усилителя, должна быть вдвое меньше того напряжения, которое соответствует всему рабочему участку характеристики.

Сеточное детектирование — *детектирование* колебаний с помощью электронной лампы за счет выпрямления в цепи *сетки*. С. д. обусловлено тем, что при положительных напряжениях на сетке возникают *сеточные токи*, а при отрицательных — эти токи почти отсутствуют. Когда между сеткой и

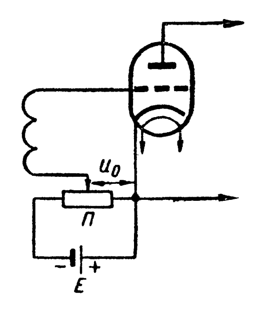


катодом приложено переменное напряжение, то в цепи сетки возникает ток одного направления, заряжающий включенный в эту цепь конденсатор *C* (см. рис.) до некоторого напряжения, которое тем выше, чем больше амплитуда подводимого переменного напряжения. Поэтому при возрастании амплитуды напряжения на сетке соответственно возрастает и напряжение на конденсаторе *C*. Однако это напряжение, достигнув наибольшего значения, не остается неизменным. Конденсатор при уменьшении подводимого переменного напряжения разряжается через сопротивление утечки сетки *R*. Таким образом, при приеме модулированных колебаний напряжение на конденсаторе *C*, а значит, и на сетке меняется в соответствии с законом модуляции, т. е. происходит детектирование колебаний. Эти изменения напряжения на сетке вызывают изменения анодного тока, т. е. колебания, полученные после С. д., усиливаются той же лампой, в которой происходит С. д. и которая также выполняет роль усилителя низкой частоты.

Емкость конденсатора *C* и сопротивление утечки *R* выбираются такими, чтобы напряжение на сетке успевало изменяться вслед за изменениями амплитуд колебаний, т. е. чтобы конденсатор успевал разряжаться за время, меньшее, чем период модуляции. Для этого *постоянная времени* цепи, состоящей из *C* и *R*, должна быть в несколько раз меньше, чем период модуляции. С другой стороны, для того чтобы конденсатор *C* вообще мог зарядиться, время его разряда должно быть во много раз больше времени заряда. Это выполняется в случае, если сопротивление утечки *R* во много раз больше внутреннего сопротивления участка сетка — катод лампы, через которое происходит заряд. Для выполнения указанных условий емкость *C* обычно выбирается порядка нескольких сотен пикофарад, а сопротивление *R* — порядка нескольких сотен килоом.

С. д. обеспечивает бóльшую чувствительность, чем анодное или диодное детектирование. Поэтому для усиления сравнительно слабых сигналов, например в приемниках прямого усиления, в которых общее усиление по высокой частоте обычно невелико, используется преимущественно С. д.

Сеточное смещение — постоянное отрицательное напряжение на *управляющей сетке* электронной лампы, смещающее *рабочую точку* в область, где сеточные токи отсутствуют. Чтобы эти токи не возникали даже при наибольших значениях переменного напряжения на сетке, С. с. должно быть больше, чем амплитуда переменного напряжения, подводимого к сетке. Помимо устранения сеточных токов, подбор величины С. с. вместе с выбором величин напряжений на других электродах лампы обеспечивает необходимое для ее нормальной работы положение рабочей точки на характеристике.



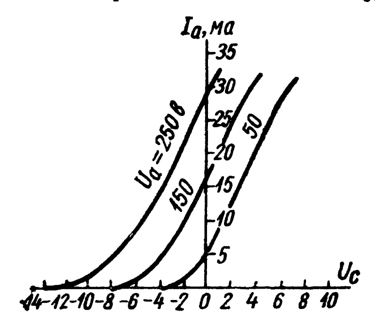
Например, для усилителя класса А (см. *Классы усиления*) рабочая точка должна быть расположена на середине прямолинейного участка характеристики. При данном С. с. это может быть достигнуто повышением напряжения на аноде, а также на экранной сетке в *тетродах* и *пентодах*. Напряжение С. с. U_0 берется либо через делитель напряжения *П* от специального источника э. д. с., например сухой батареи (см. рис.), либо за счет падения напряжения, созданного анодным током лампы на специально включенном сопротивлении (см. *Автоматическое смещение*).

Сеточные токи — токи, возникающие в цепи *сетки* электронной лампы. С. т. возникают прежде всего за счет электронов, попадающих на сетку. Хотя сетка имеет относительно большие отверстия, через которые пролетает большинство электронов, все же некоторая часть их при положительном сеточном напряжении попадает на провода сетки. Тогда в ее цепи возникает ток тем больший, чем выше положительное напряжение на сетке. Если же на сетке напряжение отрицательно, то ее провода отталкивают от себя электроны. Поэтому уже при небольшом отрицательном напряжении на сетке ток, обусловленный попаданием электронов на провода сетки, отсутствует. Чтобы этот ток не возникал при наличии переменного напряжения на сетке, необходимо отрицательное сеточное смещение, превышающее амплитуду переменного напряжения.

Однако при высоких и особенно сверхвысоких частотах С. т. возникают и в том случае, когда электроны непосредственно не попадают на провода сетки, т. е. когда имеется достаточно большое отрицательное сеточное смещение. Вследствие наличия *междуэлектродных емкостей* переменные напряжения на сетке и аноде вызывают появление *емкостного тока* в цепи сетки, заряжающего и разряжающего междуэлектродные емкости. Кроме того, на сверхвысоких частотах наличие электронов в пространстве катод — сетка приводит к появлению активной составляющей С. т. (см. *Входное сопротивление электронной лампы*).

Сеточные характеристики электронной лампы — графики, изображающие зависимость анодного тока электронной лампы I_a или тока какого-либо другого ее электрода от напряжения на ее управляющей сетке U_c при некоторых постоянных напряжениях на аноде U_a и на всех других сетках. Типичные С. х. э. л., выражающие зависимость анодного тока триода от напряжения на управляющей сетке, приведены на рис. При больших отрицательных напряже-

ниях на сетке анодный ток отсутствует (лампа «заперта»). При отрицательном напряжении на сетке, меньшем чем «напряжение запирания», возникает анодный ток, который при дальнейшем уменьшении отрицательного напряжения возрастает сначала незначительно, а затем сильнее. При нулевом напряжении на сетке анодный ток достигает определенного значения I_0,



называемого «нулевым током». Далее при положительных напряжениях на сетке анодный ток продолжает возрастать. Однако в некоторых лампах при значительном положительном напряжении на сетке рост анодного тока прекращается и устанавливается ток насыщения. Дальнейшее повышение напряжения на сетке может вызвать иногда даже уменьшение анодного тока за счет перераспределения общего электронного потока между анодом и сеткой (ток сетки при этом возрастает).

В С. х. э. л. различаются три участка — нижний изгиб, прямолинейная часть и верхний изгиб. В некоторых типах ламп, особенно с оксидными катодами, ток насыщения не может быть достигнут, и поэтому резкий верхний изгиб на характеристиках отсутствует. При изменении постоянного напряжения на аноде или на экранной сетке вся С. х. э. л. смещается — вправо при понижении напряжения и влево при его повышении.

Группа С. х. э. л., относящихся к разным постоянным напряжениям на аноде, называется семейством С. х. э. л. По семейству С. х. э. л. можно определять основные *параметры электронной лампы*.

Помимо рассмотренных характеристик анодного тока, С. х. э. л. используют и для токов других электродов (управляющей и экранной сеток и т. д.). Первые в отличие от последних часто называют анодно-сеточными характеристиками.

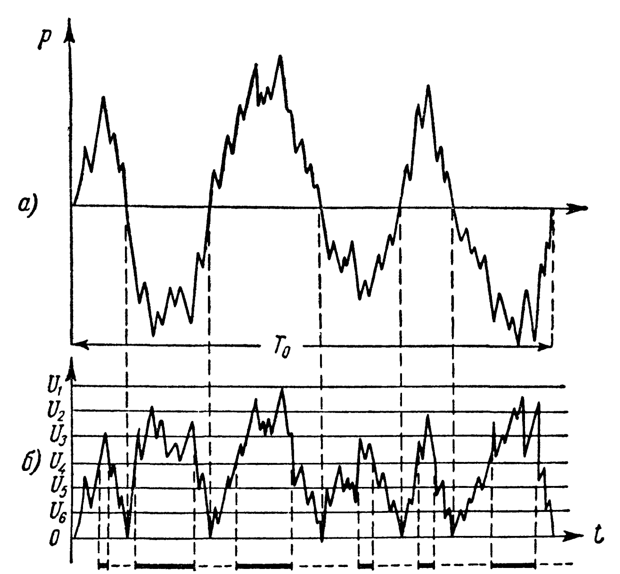
Сжиматель — см. *Усилитель-сжиматель*, *Усилитель-ограничитель*.

Сигнал бедствия — международный радиосигнал об оказании помощи, состоящий в случае телеграфной передачи из трех букв SOS (СОС). Передается, когда морскому судну угрожает неминуемая опасность. При работе телефоном С. б. передается английским словом mayday (мэйдей) — бедствие. С. б. передается три раза, затем сообщается три раза позывной радиостанции судна, терпящего бедствие, и его географические координаты. Чтобы С. б. могли быть услышаны, все связные радиостанции морского транспорта не работают во время так называемых международных интервалов молчания (между 15-й и 18-й, а также 45-й и 48-й минутами каждого часа).

Сигнал вещательной передачи — возбуждаемый первичным источником звука акустический колебательный процесс, который преобразуется *микрофоном* в соответствующий электрический колебательный процесс, передаваемый по *радиовещательному тракту*. Изменение *звукового давления* p во времени t под воздействием первичных источников звука (речи оратора, игры на музыкальных инструментах и т. п.) является сложным, негармоническим и непериодическим колебательным процессом (см.

рис. *а*). Основываясь на рассмотрении этого процесса только в течение определенного промежутка времени T_0, дальнейший его ход предопределить нельзя (в некоторых случаях это удается лишь с той или иной вероятностью). Иначе говоря, дальнейшие значения звукового давления не имеют по оси ординат отложены значения напряжений U без учета знака; такой сигнал получается с помощью выпрямителя.

Зададим ряд значений напряжения, например U_1, U_2 и т. д. Посредством специального прибора — анализатора мгновенных значений определим суммарное время,

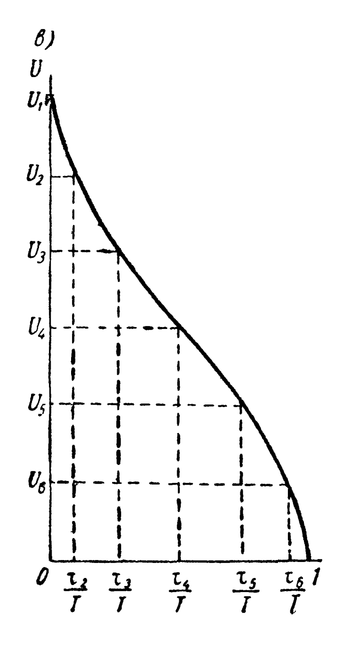


однозначной связи с предыдущими. Такие процессы называются нерегулярными или случайными, характеризуются непрерывным переносом новой информации; их свойства изучаются с помощью теории вероятностей, математической статистики, *теории информации*, спектрального и корреляционного (см. *Корреляция*) анализов.

Приведем простейший пример анализа статистических свойств С. в. п. О наличии или отсутствии С. в. п. в тот или иной момент можно судить по мгновенному значению звукового давления или напряжения независимо от их знака. В соответствии с этим на рис. *б* в течение которого мгновенные значения С. в. п. превосходили заданные напряжения. Например, для напряжения U_4 эти длительности отмечены на рис. *б*. Суммарное время τ_4 превышения U_4 определится путем сложения всех отмеченных отрезков. Если теперь для каждого отмеченного напряжения U_n найти соответствующее время его превышения τ_n, то получим так называемую интегральную кривую распределения во времени мгновенных значений С. в. п. (см. рис. *в*).

Время τ обычно оценивается по отношению к общему времени наблюдения T, которое должно быть

достаточно большим. Отношение τ/T называется вероятностью превышения заданного значения переменной U. Из рис. *в* видно, что время превышения напряжения U_1 равно нулю, а превышение напряжения U_6 наблюдалось почти всегда, т. е. $\tau_6/T \approx 1$. Если прибор-



анализатор не регистрирует мгновенные значения, а дает показания, усредненные за некоторое время, то получим интегральную кривую распределения во времени *уровней* С. в. п. Полученная кривая (см. рис. *в*) зависит от характера исполнявшейся программы, состава ансамбля исполнителей и других факторов. Если за длительное время наблюдения T были исполнены самые разнообразные (речевые и музыкальные) программы, то кривая (см. рис. *в*) будет соответствовать известному в теории вероятностей закону нормального распределения.

Показанная на рис. *в* кривая характеризует важное статистическое свойство С. в. п., называемое распределением мгновенных значений С. в. п. во времени.

Сигналоноситель — твердое вещество, предназначенное для фиксирования сигналов при их консервации (*звукозаписи*, записи сигналов телевизионных передач, в вычислительных машинах, звуковом кино, а также при записи различных сигналов для их последующего изучения). С. равномерно продвигается мимо пишущего устройства. В настоящее время распространены магнитный, механический, оптический и термопластический методы записи.

На вход пишущего устройства подается записываемый электрический сигнал. На выходе этого устройства, в зависимости от метода записи, происходят соответствующие электрическому сигналу изменения магнитного потока (*магнитная запись*), или механические колебания пишущего острия (*механическая запись*), или изменения светового потока (*оптическая запись*), или изменения интенсивности потока электронов (*термопластическая запись*).

При магнитной записи С. представляет собой гибкую ленту толщиной порядка 50 *мк* из ацетилцеллюлозы или триацетата, содержащую мельчайшие зерна ферромагнитного вещества (например, окисла железа). Ширина ленты, применяемой в обычном *магнитофоне*, составляет 6,35 *мм*. Для более сложных (многодорожечных) записей используются ленты шириной 50 *мм* и более. Записываемый сигнал фиксируется на так называемой дорожке (которая может занимать всю или часть ширины ленты) в виде соответствующих изменений остаточной магнитной индукции.

При механической записи используется воск или лак специального состава, который наносится на

одну поверхность достаточно толстого диска. Запись фиксируется в виде изменения глубины бороздки (глубинная запись) или ее отклонений от среднего положения (поперечная запись). Для изготовления обычных граммофонных пластинок на поверхность диска предварительно наносится тончайший слой металла (чтобы сделать поверхность токопроводящей), а затем гальваническим способом наносится толстый металлический слой. Получаемый металлический отпечаток (матрица) вместо бороздок имеет выпуклости и позволяет отпечатывать пластинки иа материале, который при подогревании размягчается. Механическая запись, не требующая воспроизведения, применяется в самопишущих регистраторах исследуемых сигналов. При этом запись наносится пишущим острием (пером) на равномерно движущейся бумажной ленте.

При оптической записи С. представляет собой светочувствительную ленту (например, фотобумагу или кинопленку). Записанный сигнал проявляется обычным способом, применяемым в фотографии.

Термопластическая запись наносится на специальную трехслойную эластичную ленту. Нижний слой (основа) состоит из триацетата, средний слой сделан из электропроводящего материала, а верхний — из легкоплавкого термопластика, на поверхность которого с помощью электронного луча наносятся отрицательные заряды.

Сигналы изображения — напряжение (или ток), получающееся при *развертке* изображения в телевидении и *фототелеграфии*. С. и. несут информацию о яркости (и цветности) элементов изображения вдоль *строки*. С. и. имеют характерную ступенчатую форму. Крутые участки С. и. соответствуют развертке границ (контуров) между изображениями объектов различной яркости. Минимальная длительность этих переходных участков (фронтов) равна времени передачи одного элемента τ (в телевизионном вещании $\tau = 0,08$ *мксек*). В силу этого *спектр* С. и. занимает широкую полосу *видеочастот* (6 *Мгц*).

Сигнальная пластина — плоский электрод, служащий общей обкладкой элементарных конденсаторов *мишени* передающих и накопительных *электронно-лучевых трубок*. С С. п. снимается сигнал на вход *видеоусилителя*.

Сила звука — количество звуковой энергии, приходящей в единицу времени на единицу площади, перпендикулярной направлению распространения звуковых волн. Эта величина аналогична *Умова — Пойнтинга вектору*, характеризующему процесс распространения электромагнитной энергии.

Сила света — величина, характеризующая интенсивность излучения света источником в данном направлении. С. с. измеряется плотностью светового потока, т. е. отношением светового потока, излучаемого в малом телесном угле (вокруг данного направления), к величине этого угла. Таким образом, С. с. величина векторная. Единицей С. с. служит *свеча (св)*. Если источник с С. с. в *1 св* излучает равномерно во всех направлениях, то полный излучаемый им световой поток $\Phi = 4\pi I$ *лм* (4π — полный телесный угол).

Сила электрического тока — отношение количества электричества ΔQ, протекшего через сечение проводника за какой-то малый промежуток времени Δt, к этому промежутку времени:

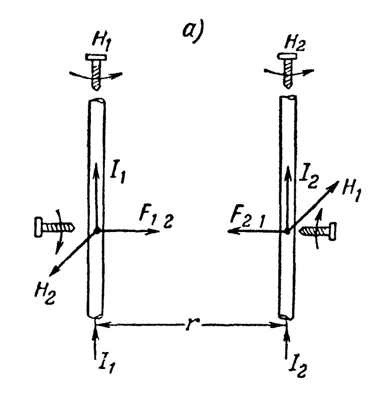
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}.$$

Промежуток времени должен быть столь малым, чтобы дальнейшее его уменьшение не изменяло отношения $\Delta Q/\Delta t$, т. е. чтобы внутри этого промежутка С. э. т. можно было считать постоянной.

Вместо термина «сила тока» в настоящее время, для краткости, говорят «ток».

Силовой трансформатор (в радиоаппаратуре) — трансформатор, употребляемый для питания радиоприемников, усилителей и других радиотехнических устройств от сети переменного тока. Среди разнообразных типов С. т. наиболее распространенными являются так называемые комбинированные, имеющие несколько обмоток, служащих для полного питания радиоприемника или усилителя. Такие С. т. чаще всего содержат четыре обмотки: первичную — сетевую, включаемую в сеть переменного тока, повышающую — для питания анодов кенотронов и две понижающие — для питания накала кенотрона и ламп.

Силы взаимодействия токов — силы, возникающие между проводниками с электрическими токами.



Они обусловлены тем, что движущиеся в проводнике с током заряды испытывают со стороны магнитного поля другого тока действие *лоренцовой силы.* Чтобы найти силу, действующую со стороны первого тока на второй, нужно определить магнитное поле первого тока, а затем силу, действующую со стороны этого поля на второй ток.

В случае токов I_1 и I_2, текущих в двух длинных параллельных проводниках (см. рис. *а*), магнитное поле тока I_1 в точке, находящейся на расстоянии r от проводника, имеет напряженность $H_1 \approx I_1/r$. Силовые линии этого поля лежат в плоскостях, перпендикулярных проводнику, и представляют собой концентрические окружности; их направление определяется правилом винта. Так как ток I_2 перпендикулярен вектору H_1, то лоренцова сила, действующая на отрезок второго проводника длиной l со стороны поля H_1, равна

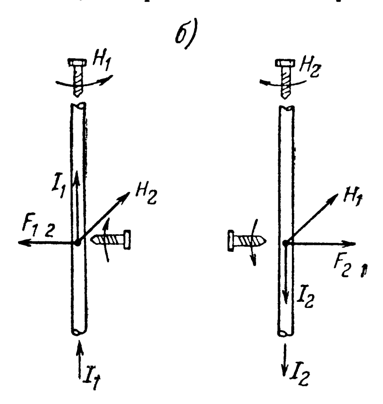
$$F_{21} = kI_2H_1l = k\frac{I_1I_2l}{r},$$

где k — коэффициент пропорциональности, зависящий от выбора системы единиц.

Сила F_{21} направлена по движению винта, поворачиваемого от I_2 к H_1. Если токи I_1 и I_2 направлены в одну сторону, то поворот винта дает направления вектора H_1 и силы F_{21}, указанные на рис. *а*. Точно так же можно показать, что ток I_2 действует на ток I_1 с силой F_{12}, равной по величине силе F_{21}, но противоположной ей по направлению. Как видно, два параллельных тока одного направления притягиваются друг к другу с силой, определяемой приведенным выше выражением. Если же оба тока направлены в противоположные стороны (см. рис. *б*), то, рассуждая, как прежде, получим для F_{12} и F_{21} направления, обратные найденным в первом случае. Таким образом, два антипараллельных тока отталкиваются друг от друга.

Если проводники с токами I_1 и I_2 не параллельны друг другу, то полученные выше результаты с качественной стороны остаются прежними; токи одного направления притягиваются, а токи разных направлений отталкиваются Но величина действующей силы изме-

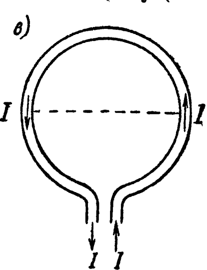
няется, так как, поскольку ток I_2 не перпендикулярен вектору H_1, то для определения силы, действующей со стороны поля на ток, нужно брать не всю напряженность поля H_1, а только ее составляющую в плоскости, перпендикулярной току I_1. Кроме того, надо учитывать, что разные точки второго



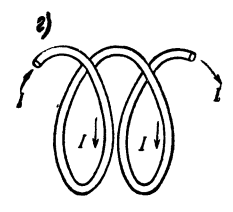
проводника находятся на различных расстояниях от первого проводника и, следовательно, для разных точек второго проводника величины r, а значит, и H_1 неодинаковы.

В случае непрямолинейных проводников нужно разбить их на отдельные малые участки, которые можно считать прямолинейными, и, рассчитав силы для всех отдельных малых участков, затем сложить их. Основные результаты качественно остаются справедливыми и в этих случаях. Например, два витка с токами, текущими в одном направлении, взаимно притягиваются, а витки с токами, текущими в разных направлениях, отталкиваются друг от друга.

С. в. т. возникают также между различными участками одного и того же проводника с током (за исключением прямолинейного проводника, в котором силы со стороны одного участка на другой не действуют); и для этих С. в. т. остаются справедливыми основные качественные выводы, полученные выше. Например, противоположные участки витка отталкиваются друг от друга, так как в них токи направлены навстречу (см. рис. *в*).



Если проводник гибкий, то под действием этих сил он принимает форму окружности. Наоборот, витки катушки притягиваются друг к другу, ибо в ближайших участках соседних витков токи имеют одинаковое направление (см. рис. *г*).



Если витки не закреплены жестко, то они сближаются между собой, т. е. длина катушки сокращается.

В случае переменных токов для каждого момента времени остается справедливым все, что было изложено выше. Например, если в двух параллельных проводниках текут токи одной и той же частоты, совпадающие по фазе, то они все время имеют либо одинаковые, либо противоположные направления (так как направления токов в обоих проводниках одновременно меняются на обратные). Поэтому С. в. т. изменяется по величине (вследствие изменения мгновенных значений токов), но не по направлению, т. е.

она представляет собой пульсирующую силу. Проводники обычно не успевают следовать за пульсирующей силой. Поэтому под ее действием проводники притягиваются или отталкиваются, в зависимости от того, совпадают или противоположны направления токов. То же будет и с отдельными участками одного и того же проводника, так как в них фаза тока одна и та же.

Если же в двух проводниках текут токи со сдвигом фаз, то их направление не одновременно изменяется на обратное, и в течение части периода они притягиваются, а в течение другой его части — отталкиваются. В среднем за период С. в. т. будет меньше, чем в случае, когда фазы токов совпадают. В частности, когда токи сдвинуты по фазе на 90°, через каждые четверть периода направление тока в одном из проводников изменяется на обратное. Следовательно, в течение двух четвертей периода проводники притягиваются, а в течение двух других — отталкиваются, причем силы притяжения и отталкивания в соответствующие моменты равны. Среднее значение С. в. т. за период в этом случае равно нулю, и если проводники не успевают перемещаться за четверть периода тока, то они вообще не будут двигаться.

Симплексная радиосвязь — двухсторонняя радиосвязь, при которой в каждом из пунктов передача и прием производятся поочередно.

Синапс — область контакта между двумя нервными клетками — *нейронами*, состоящая из синаптической пуговки (бляшки), синаптического промежутка и соответствующего участка поверхностной мембраны клетки, к которой прилегает пуговка С. имеет чрезвычайно важное значение в функционировании нейрона. С. связывают с регуляцией силы возбуждения, передаваемого от нейрона к нейрону.

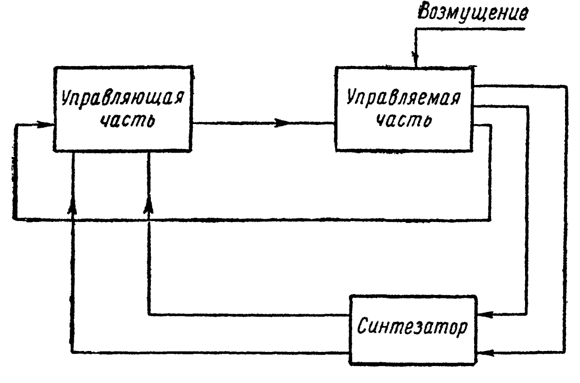
В *технической кибернетике* механизмам работы С. уделяется большое внимание при *моделировании* нейронов и *нервных сетей*. Разработаны даже специальные элементы — *мемисторы*, которые моделируют работу С. так, как она представляется при формализации работы нейрона.

«Синий шум» (**«косой шум»**) — шум, спектральная интенсивность которого возрастает к верхнему концу (границе) *спектра сигналов изображения*. С. ш. получается из «белого» при *противошумовой коррекции видеоусилителя*.

Синтез автоматических систем — разработка управляющей части системы с выбором параметров отдельных элементов. В основу С. кладут показатели качества автоматических систем или какие-либо критерии оптимальности. Методы С. разделяются на прямые и пробные, аналитические и графоаналитические. Наиболее разработаны методы С. линейных систем с постоянными параметрами. Методы С. нелинейных систем почти не разработаны. При применении электронных моделирующих установок или цифровых вычислительных машин С. может быть выполнен при помощи набора на них математической модели объекта и системы управления. Изменением параметров и структурной схемы можно добиться наилучшего решения. Такие методы синтеза связаны с решением большого числа задач, а поэтому требуют большой затраты машинного времени. Кроме того, полученное решение может оказаться не оптимальным. В последние годы получает распространение автоматический С. посредством цифровых вычислительных машин и автоматических оптимизаторов *(синтезаторов)*.

Синтезатор — устройство для автоматического решения задачи *синтеза автоматических систем*. Так как эти задачи во многих случаях являются вариационными, то

такие устройства иногда называют вариационными автоматами (автоматическими оптимизаторами). Структурная схема системы автоматического синтеза приведена на рис. Управляющая и управляемая части образуют объект оптимизации. Параметры и структура управляющей части должны изменяться под воздействием С. Последний использует выходные данные управляемой части (объекта регулирования) для анализа и количественной оценки качества процесса управления или регулирования. В зависимости от получаемых результатов С. вырабатывает сигналы для настройки управляющей части в соответствии с желаемым ходом процесса. В качестве С. могут быть использованы цифровые вычислительные машины. Применение их для синтеза схем и анализа возможных структур позволяет существенно ускорить проектирование и наладку сложных автоматических систем. Сложность многих задач синтеза на цифровых вычислительных машинах может привести к необходимости составления *алгоритма*, основанного на направленном анализе допустимых вариантов схем. В этом случае для сравнения результатов необходимо сформулировать критерий качества отдельных вариантов.

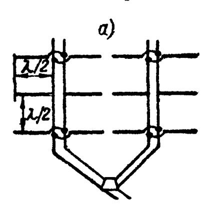


Синтетическая речь — см. *Говорящие машины*.

Синусоидальные колебания — то же, что *гармонические колебания*.

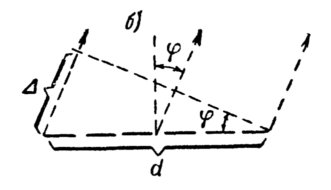
Синфазность — совпадение по фазе двух колебаний, происходящих с одинаковым периодом; иначе говоря, отсутствие *сдвига фаз* между колебаниями.

Синфазные антенны — антенны, состоящие из многих *вибраторов*, расположенных параллельно друг другу в одной плоскости и на равных расстояниях друг от друга, в один ряд или в несколько рядов («этажей») один над другим. Обычно в качестве вибраторов применяются *полуволновые диполи*, которые располагаются на расстоянии половины длины волны один над другим (см. рис. *а*). Чтобы устранить излучение или прием радиоволн в направлении, обратном тому, в котором антенна должна работать, позади диполей устанавливается плоский *рефлектор*. Системой разветвленных *фидеров* все диполи соединены так, что электрическая *разность хода* от вибраторов до точки, в которой все фидеры, соединенные между собой, присоединяются к передатчику или приемнику, равна нулю. Тогда токи, возбуждаемые передатчиком во всех фидерах, будут одинаковы по фазе (этим и объясняется название



С. а.). Поэтому, когда С. а. работает как передающая, все диполи излучают волны в одинаковой фазе. Вследствие *интерференции радиоволн* результирующая волна имеет наибольшую амплитуду в направлении, перпендикулярном плоскости антенны, так как в этом направлении разность хода для всех волн, излучаемых отдельными диполями, равна нулю, т. е. все волны приходят в любую достаточно отдаленную точку (направления на которую от центров всех диполей можно считать параллельными) в одной и той же фазе.

В других направлениях между волнами, излучаемыми отдельными диполями, появляется *сдвиг фаз* тем больший, чем больше угол φ между данным направлением и перпендикуляром к плоскости антенны (см. рис. *б*). Поэтому амплитуда результирующей волны уменьшается при увеличении угла φ. Для направления, лежащего под некоторым углом $\varphi = \varphi_0$, для которого разность хода Δ между волнами, излучаемыми крайними диполями С. п., равна длине волны λ, амплитуда результирующего поля всех диполей падает до нуля. В этом можно убедиться с помощью следующих упрощенных рассуждений, которые будут тем более точны, чем больше число диполей n в одном ряду С. а. Если между полями, излучаемыми крайними диполями 1 и n расстояние равно d (длина С. а.) и разность фаз в направлении φ_0 равна 2π, то между диполями 1 и $n/2+1$ расстояние равно $d/2$ и разность фаз в направлении под углом φ_0 равна π. Такая же разность фаз будет между полями диполей 2 и $n/2+2$; 3 и $n/2+3$ и т. д. Все диполи одного ряда С. а. можно сгруппировать попарно так, что разность фаз для каждой пары будет равна π. Значит, результирующее поле каждой такой пары диполей будет равно нулю, и результирующее поле всех пар таких диполей будет также равно нулю. Таким образом, в том направлении φ_0, в котором разность фаз между волнами, излучаемыми крайними диполями, равна 2π, вся С. а. в целом не излучает электромагнитных волн.



Сказанное справедливо и для направления, лежащего под углом $-\varphi_0$, отложенным в другую сторону от перпендикуляра к плоскости С. а. Следовательно, угол раствора этого *лепестка диаграммы направленности* С. а. (по нулям) равен $2\varphi_0$ (этот угол тем меньше, чем большее число длин волн укладывается на длине С. а.). Ось этого лепестка совпадает с направлением максимума излучения С. а., и этот лепесток является главным.

При углах, бóльших φ_0, сдвиг фаз между крайними диполями становится больше 2π. Поскольку сдвиг фаз между одним из крайних и средним диполем будет больше π, то пары диполей, для которых сдвиг фаз равен π, отстоят друг от друга на расстоянии, меньшем $d/2$. Если опять сгруппировать все диполи в такие пары, то для части диполей не найдется пары и эта часть будет создавать в рассматриваемом направлении некоторую отличную от нуля амплитуду результирующей волны. Эта амплитуда возрастает при увеличении угла φ от значения φ_0, так как увеличивается число диполей, для которых нет пары. Но потом она снова уменьшается до нуля в направлении, образующем с перпендикуляром к плоскости С. а. угол $\varphi_1 > \varphi_0$, в котором разность фаз для волн крайних диполей достигнет 4π (так как можно попарно сгруппировать диполи, находящиеся на расстоянии $d/4$, для

которых сдвиг фаз равен π). Данному направлению соответствует следующий нуль диаграммы направленности С. а. Между направлениями φ_0 и φ_1 заключен следующий лепесток диаграммы направленности С. а., примыкающий к главному. Однако максимум излучения в боковом лепестке меньше, чем в главном, так как эта амплитуда создается за счет излучения только части диполей (для которых нет пары) и к тому же волны от них несколько не совпадают по фазе.

При дальнейшем увеличении угла φ амплитуда волны снова сначала возрастает, а затем падает до нуля в направлениях, для которых сдвиг фаз между волнами, излучаемыми крайними диполями, равен 6π, 8π и т. д. Между этими значениями угла φ лежат следующие боковые лепестки.

Когда С. а. работает в качестве приемной, плоская волна, падающая перпендикулярно плоскости антенны, возбуждает во всех диполях токи в одинаковой фазе. Так как электрическая длина пути между всяким из диполей С. а. и входом приемника одинакова, то при одинаковой фазе токов в вибраторах одинакова будет и фаза на входе приемника, вследствие чего получается наибольшая амплитуда результирующего напряжения. Для плоских волн, приходящих в других направлениях, из-за разности хода, в диполях возбуждаются токи с соответствующим сдвигом фаз (равным тому, который получается между волнами, излучаемыми теми же диполями, когда С. а. работает как передающая). В результате диаграмма направленности при приеме получается такой же, как и при передаче, что и должно быть для всякой антенны в силу *принципа взаимности*.

В изложенных выше рассуждениях рассматривалась диаграмма С. а., состоящей из одного ряда диполей (одного «этажа»). Если С. а. состоит из нескольких «этажей», то в вертикальном направлении диаграмма направленности также становится многолепестковой. Происхождение этих лепестков аналогично происхождению лепестков в горизонтальной плоскости.

Синхрогенератор — блок телевизионной аппаратуры, генерирующий и формирующий синхронизирующие и *гасящие импульсы*. С. может работать в ведущем и ведомом режимах. В последнем случае частота строк и полей определяется частотой приходящих вместе с сигналом синхронизирующих импульсов от передвижных телевизионных станций или междугородных телевизионных линий.

Синхронизация — поддержание равенства частот двух колебаний (или точной кратности этих частот). Обычно для С. применяется явление захватывания.

Синхронизация в телевидении — поддержание равенства частот строчной и кадровой *разверток* в приемной и передающей трубках и соответствие (совпадение) моментов начала строчной и кадровой разверток на приемной стороне моментам прихода сигналов первых элементов *строки* и *кадра (поля)*. Таким образом, при правильной синхронизации развертка (запись) изображения на приеме запаздывает относительно развертки (считывания сигнала) в *телевизионной камере* на время распространения сигнала. С. может осуществляться автономно (см. *Автономная синхронизация*) и принудительно. В телевизионном вещании используется принудительная С., осуществляемая посылкой синхронизирующих импульсов, управляющих генераторами развертки на приемной стороне.

Бывает *жесткая* и *инерционная синхронизация*. Инерционная помехоустойчивая С. начинает широко применяться в *телевизорах* для строчной развертки. Синхрони-

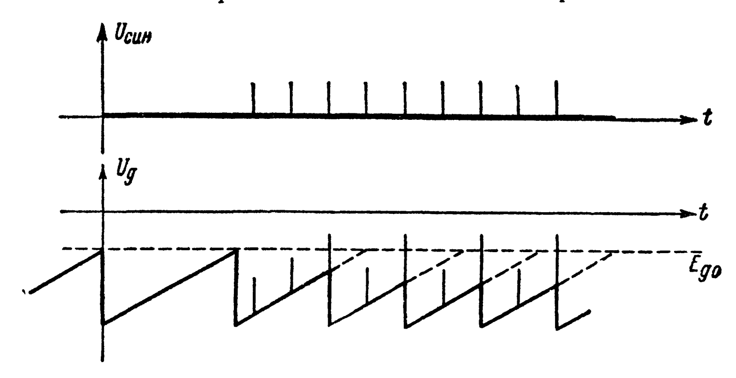
рующими сигналами служат импульсы трапецеидальной формы с крутыми фронтами, посылаемые в конце передачи каждой строки и каждого поля (или кадра). Эти сигналы располагаются в диапазоне напряжений «чернее черного» — ниже *уровня черного*.

Форма, положение, длительность и размах синхронизирующих сигналов определяются стандартом телевизионного вещания (см. *Полный сигнал изображения*). Для избежания перерывов в жесткой С. строчной развертки при передаче длительного импульса вертикальной С., в нем делаются вырезки. Задний фронт этих вырезок после дифференцирования в приемнике образует вместе со строчными синхронизирующими сигналами непрерывную последовательность импульсов, которая и поддерживает С. Эти сигналы содержат также выравнивающие импульсы.

Синхронизация релаксационных генераторов — способ управления автоколебательными релаксационными генераторами, отличающийся тем, что частота колебаний релаксатора связывается с частотой синхронизирующего сигнала, оказываясь, например, равной, кратной или в целое число раз меньшей. Синхронизирующий сигнал подается в одну из времязадающих цепей релаксатора (например, на одну из *сеток* лампового *мультивибратора)*, изменяя действующее в этой цепи напряжение (напряжение на соответствующей сетке). Вследствие этого релаксатор переключается, когда достигает порогового уровня (потенциала E_{g0} отпирания лампы) сумма указанного напряжения и напряжения синхронизирующего сигнала.

Синхронизирующий сигнал может иметь различную форму. Наиболее жестко осуществляется синхронизация, если он имеет вид коротких импульсов (с длительностью, значительно меньшей периода собственных колебаний релаксатора). Здесь переключение релаксатора происходит в момент подачи синхронизирующего импульса, если к этому времени напряжение во времязадающей цепи достаточно приблизилось к пороговому уровню.

На рис. показан пример временной диаграммы напряжения U_g на сетке *блокинг-генератора* (для простоты это напряжение считается



линейным) до и после подачи синхронизирующего сигнала. Пунктиром обозначена кривая, по которой продолжало бы изменяться U_g после прекращения подачи синхронизирующих импульсов. Как видно, установление процесса происходит при подаче третьего синхронизирующего импульса, кото-

рый открывает лампу и начинает новый цикл блокинга. В дальнейшем лампа блокинга открывается пятым, седьмым и т. д. — каждым нечетным импульсом. Частота колебаний блокинг-генератора оказывается вдвое меньше частоты синхронизирующего сигнала.

Подача синхронизирующего сигнала в простейшем варианте осуществляется через разделительную емкость. Более совершенные схемы строятся аналогично схемам запуска ждущих релаксаторов.

Синхронизация используется для согласования временно́го режима работы различных импульсных устройств, для построения *делителей частоты следования импульсов* и т. п.

Синхронизм — совпадение периодов двух колебаний.

Синхронная связь — электрическая (проводная или беспроводная) связь, обеспечивающая совпадение во времени двух сигналов или перемещений двух или нескольких осей, механически между собой не связанных. С. с. может быть выполнена или как синхронная передача угла, или как система, обеспечивающая синхронное вращение. При передаче угла обеспечивается синфазность (согласованность) положения в процессе покоя или движения задающей (командной) и приемных (ведомых) осей. При синхронном вращении достигается точное равенство скоростей вращения задающей и приемных осей.

Синхронный детектор — детектор амплитудно-модулированных колебаний, проводимость которого изменяется синхронно с несущей частотой принимаемых колебаний. Низкочастотная составляющая в цепи С. д. пропорциональна как амплитуде принимаемых колебаний, так и косинусу разности фаз между колебаниями несущей частоты и колебаниями проводимости С. д. Последняя зависимость придает С. д. фазовую избирательность, т. е. зависимость сигнала на выходе от фазы несущей частоты, на которой передается сигнал. С. д. применяются в некоторых специальных схемах для повышения помехоустойчивости.

Синхронный прием — см. *Синхронный детектор*.

Система слепой посадки — система радиотехнических средств (*радиолокационных станций*, радионавигационных устройств, радиолокационных маяков, *радиоальтиметров*), находящихся на аэродроме и на самолете и обеспечивающих посадку самолета на аэродром при отсутствии видимости, например ночью, в густом тумане и т. п. Обычно наземная радиолокационная станция следит за приближающимся к аэродрому самолетом, и по радио пилоту даются соответствующие указания. О необходимости снижения самолета пилот узнает благодаря наземным маркерным радиомаякам, дающим узкий радиолуч, направленный вертикально вверх; при пролете над ними в самолете срабатывает звуковой или световой сигнал. Само снижение самолета производится по кривой, называемой глиссадой, при помощи специального глиссадного радиомаяка и при контроле за высотой самолета посредством радиоальтиметра. Обычный комплект аэродромного оборудования слепой посадки состоит из радиостанции для связи с самолетом, радиолокационной станции обзора, курсового и глиссадного радиомаяков и нескольких маркерных радиомаяков.

Система счисления — совокупность методов обозначения и наименования чисел. В жизни, в науке и технике принята десятичная система счисления. В вычислительной технике применяются другие С. с, например двоичная, восьмеричная, шестнадцатиричная и троичная. Название С. с. происходит от названия числа, принятого за ее основание. Все используемые в настоящее время С. с. являются пози-

ционными, т. е. числа в них изображаются упорядоченной записью цифр, причем числовое значение каждой цифры определяется тем местом (позицией), которое она занимает. Принято записывать числа таким образом, что на первом месте справа находится младший разряд (он имеет наименьшее числовое значение).

Система счисления в остаточных классах — позиционная *система счисления*, обладающая рядом интересных свойств. Например, в этой системе сложение, вычитание и умножение являются поразрядными операциями, т. е. при их выполнении не образуются переносы из разряда в разряд. Такие необычные свойства С. с. в. о. к. привлекли внимание разработчиков вычислительных машин, так как успешная схемная реализация арифметического устройства, работающего в этой системе, позволила бы обеспечить, как полагали сначала, более высокие скорости работы, чем при использовании *двоичной системы счисления*. В С. с. в. о. к. за каждой позицией закреплено некоторое простое число (модуль). Количество модулей, а значит и количество разрядов в числе, представленном в С. с. в. о. к., зависит от величины числа N. Если при разработке машины известно $N_{макс}$, то количество разрядов определится из соотношения

$$N_{макс} < \prod_{i=1}^{k} p_i,$$

где p_i — простые числа; П — произведение. Выбор p_i диктуется рядом условий, в число которых входят и инженерные. Обычно в качестве p_i выбирают наименьшие по величине простые числа, т. е. 2, 3, 5, 7, 11, 13, ... Таким образом, в позиции, за которой закреплен модуль 2, могут иметься только цифры 0 и 1; в позиции, соответствующей модулю 7, фигурируют цифры 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 и т. д. Эти цифры равны остаткам от деления числа на данный модуль.

С. с. в. о. к. обладает рядом существенных недостатков, которые не дают возможности реализовать ее достоинства. Во-первых, схемная реализация перевода чисел из десятичной системы счисления в С. с. в. о. к. и наоборот требует очень сложной электронной аппаратуры. Далее, такая простая, но принципиально важная при вычислениях на электронных цифровых вычислительных машинах операция, как сравнение двух чисел по абсолютной величине (т. е. определение бо́льшего из двух чисел), не может быть реализована в С. с. в. о. к. Деление также связано со значительными трудностями, которые приводят к большим излишествам в электронных схемах.

Система цветного телевидения эн-ти-эс-си (NTSC) — *совместимая система цветного* телевидения, принятая национальным комитетом телевизионных систем США для вещания; она же принята в Японии.

Систематический код — *корректирующий код*, в котором во всех *словах* информационные и проверочные разряды занимают одно и то же фиксированное положение. В частности, посредством эквивалентных преобразований С. к. можно привести к такому виду, когда его первые k разрядов будут информационными, а остальные $n-k$ разрядов — проверочными. Например, *код Хемминга* является систематическим.

Система звукоусиления — комплекс аппаратуры, состоящий из *микрофона*, усилителя и *громкоговорителя*, применяемый в открытых пространствах (улицы, стадионы, парки) и закрытых помещениях, если звуковая мощность первичного источника звука (оратора, оркестра) мала, для обеспечения нормальной слышимости в достаточно большой зоне расположения слушателей или при наличии в этой

зоне больших шумов, а также при плохих акустических свойствах помещения.

С. з. должна обеспечивать достаточно хорошую слышимость по всей зоне расположения слушателей; при этом максимальная *громкость* не должна доходить до порога болевого ощущения. Для успешного решения этой задачи в том или ином частном случае выбираются различные методы расположения громкоговорителей. При централизованном методе звук излучается одним или несколькими громкоговорителями, сосредоточенными в одном месте. Этот метод применяется в кинотеатрах, концертных залах, летних (открытых) театрах. При распределенном методе громкоговорители распределены по всей зоне расположения слушателей. В данном случае можно достаточно равномерно озвучить сколь угодно большую площадь, но возможно несоответствие зрительного восприятия фактического источника звука (оратора) и слухового восприятия звука, исходящего из другой точки (громкоговорителя). Часто используют смешанные системы, включающие элементы централизованного и распределенного методов. Наиболее совершенной С. з. является *амбиофоническая система*.

Сифоров Владимир Иванович (1904) — выдающийся советский ученый в области радиотехники, член-корреспондент АН СССР. Окончил в 1929 г. Ленинградский электротехнический институт имени В. И. Ульянова (Ленина). Еще со студенческих лет стал заниматься научной работой. Его руководителями были И. Г. Фрейман и А. И. Берг. Темы для исследований С. черпал сначала на заводе имени Козицкого, где он тогда работал, а затем в Центральной лаборатории, реорганизованной впоследствии в Институт радиоприема и акустики (ИРПА).

Особенно занимали молодого ученого вопросы, связанные с теорией и практикой радиоприема. За работу и исследование методов радиоприема, основанных на использовании селекции по амплитуде, фазе и продолжительности действия, С. была присуждена в 1936 г. степень доктора технических наук, хотя диссертант не имел еще кандидатской степени.

С 1938 г. С. — профессор, а с 1953 г. — член-корреспондент АН СССР. С 1941 по 1956 г. — в рядах Советской армии. С 1955 г. по настоящее время заведует лабораторией Института радиотехники и электроники АН СССР. С 1954 г. С. председатель Центрального правления Научно-технического общества радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова.

С. — создатель теории устойчивости резонансных усилителей. В 1937 г. им разработана общая теория детектирования, основанная на представлении детектора в виде четырехполюсника. Теоретические и экспериментальные работы С. о помехах радиоприему, шумах и способах их устранения послужили основой для проектирования помехоустойчивых радиоприемных устройств магистральной связи.

С. написано свыше трехсот научных трудов. Его перу принадлежит один из лучших в мире учебников по радиоприемным устройствам, выдержавший пять изданий.

Сканирование — см. *Развертка*.

Сканирование антенны — периодическое перемещение *диаграммы направленности* антенны в пространстве по определенному закону. Используется для определения угловых координат цели с высокой точностью (см. *Равносигнальная зона*), а также при *радиолокационном обзоре*. С. а. может быть механическим, когда диаграмма направленности меняет свое положение вследствие изменения положения самой антенны, и электрическим, когда положение диаграммы

направленности изменяется вследствие переключений в системе питания отдельных частей антенны.

Скважность — отношение периода следования импульсов к их длительности. Играет важную роль в энергетических расчетах при импульсной работе. Например, мощность в импульсе может быть найдена по измеренной средней мощности $P_{\text{ср}}$ путем умножения ее на величину скважности:

$$P_{\text{и}} = P_{\text{ср}} \frac{T}{\tau_{\text{и}}},$$

где $P_{\text{и}}$ — импульсная мощность; T — период следования импульсов; $\tau_{\text{и}}$ — их длительность.

Скелетная схема — упрощенная схема с изображением только отдельных крупных элементов или узлов прибора (без схем самих узлов) и соединений между ними. Узлы установки обычно изображаются прямоугольниками и соединяются линиями, показывающими связь между элементами. В прямоугольниках делают надписи, поясняющие назначение каждого узла.

Скиатрон (в радиолокации) — *электронно-лучевая трубка*, относящаяся к *светоклапанным системам*. Мишень из хлористого калия или натрия наносится тонким слоем на экран трубки вместо люминофора. Под действием электронного пучка экран темнеет. Потемнение исчезает медленно и требует подогрева. С. используется в радиолокации в устройствах отображения.

Скин-эффект — то же, что *поверхностный эффект*.

Скольжение (сползание) строк — кажущееся перемещение строк растра вверх или вниз при *чересстрочной развертке*. С. с. наблюдается, когда глаз следит за движением объекта в поперечном направлении. С. с. объясняется стробоскопическим эффектом: если ось зрения перемещается с такой скоростью, что за $^1/_{50}$ *сек* она проходит *шаг развертки*, то глаз замечает в этом новом месте строку следующего поля. С. с. может использоваться для проверки правильности чересстрочной развертки.

Скорость звука — расстояние, на которое распространяются *звуковые волны* в единицу времени. С. з. в основном зависит от рода среды и ее физического состояния. С. з. в воздухе заметно изменяется в зависимости от температуры. При 0° С и нормальном атмосферном давлении С. з. в воздухе равна 331,5 *м/сек*, увеличиваясь при 40° С до 355,3 *м/сек*. В различных жидкостях С. з. порядка $(1 \div 2) \times 10^3$ *м/сек*; в твердых телах — обычно в пределах от 3 до 7 *км/сек*.

Скорость распространения электромагнитных волн — скорость, с которой перемещается в пространстве любая фиксированная точка гармонической электромагнитной волны, т. е. точка, в которой начальная фаза электрического и магнитного полей волны имеет фиксированное значение. На распространение *электромагнитных волн* влияют свойства среды, в которой они распространяются; при этом в среде могут происходить изменения формы распространяющейся волны и тогда определение фиксированной точки волны становится невозможным. Только в случае распространения в среде гармонической волны, как правило, не происходит изменения ее формы и понятие «фиксированная точка волны» имеет вполне определенный смысл. Поэтому выше было приведено определение С. р. э. в. для случая распространения гармонической волны. Так как каждой фиксированной точке гармонической волны соответствует определенная начальная фаза, то скорость, определенную так, как это сделано выше, называют фазовой скоростью волны. Термин «фазовая» становится необходимым только, когда может появиться другое определение С. р. э. в. (см. ниже).

В вакууме С. р. э. в.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}},$$

где ε_0 и μ_0 — *диэлектрическая* и *магнитная проницаемости* вакуума в системе СИ; так как

$$\varepsilon_0 \approx \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \ [\textit{фарад/м}],$$

а

$$\mu_0 \approx 4\pi \cdot 10^{-7} \ [\textit{генри/м}],$$

то

$$c \approx 3 \cdot 10^8 \ \textit{м/сек}.$$

В пространстве, заполненном средой, С. р. э. в.

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}},$$

где c — С. р. э. в. в вакууме; ε — относительная диэлектрическая проницаемость; μ — относительная магнитная проницаемость среды (относительно вакуума). На практике обычно приходится рассматривать С. р. э. в. в средах, для которых $\mu = 1$, а $\varepsilon \neq 1$; тогда чем меньше ε отличается от единицы, тем ближе к c фазовая скорость. Например, для воздуха при атмосферном давлении и температуре 0° С величина $\varepsilon = 1{,}0006$, а

$$v \approx \frac{c}{1{,}0003} \approx 0{,}9997c,$$

т. е. лишь на 0,03% меньше c. С высотой плотность воздуха, а значит, и ε уменьшаются и v приближается к c. Присутствие водяного пара несколько увеличивает ε атмосферы и соответственно уменьшает c.

Когда ε среды не зависит от частоты, то и фазовая скорость в такой среде одинакова для всех длин волн (как и в вакууме). Если же ε среды зависит от длины волны (частоты), то фазовая скорость для разных длин волн оказывается различной. Зависимость фазовой скорости волны от ее длины называется *дисперсией волн*. Когда фазовая скорость уменьшается с укорочением волны, дисперсия называется нормальной, в противном случае — аномальной. Но в области, где существует аномальная дисперсия, всегда столь велико должно быть и поглощение радиоволн, что они в среде практически не распространяются. Поэтому вопросы распространения волн в среде с дисперсией приходится рассматривать только для случая нормальной дисперсии.

При распространении негармонических волн их форма может изменяться, если среда обладает дисперсией. Происходит это следующим образом. Всякую негармоническую волну можно представить как сумму гармонических волн разной частоты. При наличии дисперсии эти гармонические волны будут распространяться с различной фазовой скоростью, вследствие чего они придут в какую-либо точку с разными сдвигами фаз по отношению к тем фазам, которые они имели в начальной точке. Но изменение сдвига фаз между составляющими гармоническими волнами неизбежно приводит к изменению формы результирующей волны.

Например, короткий высокочастотный импульс, имеющий широкий *спектр*, при распространении в среде с дисперсией постепенно размывается. Но если дисперсия невелика, то размытие происходит медленно (эффект размытия оказывается заметным лишь на значительном расстоянии). Поэтому, рассматривая картину распространения короткого импульса на небольшом отрезке пути, можно не считаться с эффектом размытия импульса, а говорить о скорости распространения всего импульса в целом; эта скорость называется групповой. Вся электромагнитная энергия, которой обладает импульс, распространяется вместе с ним, и групповая скорость представляет собой скорость распространения энергии. При нормальной диспер-

сии групповая скорость оказывается меньше фазовой и тем меньше, чем сильнее выражена дисперсия.

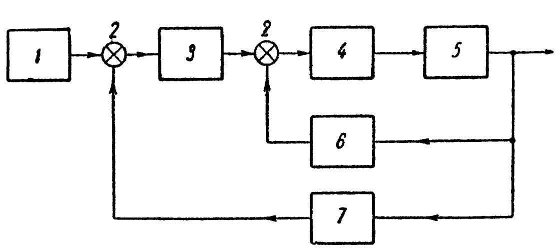
Фазовая скорость иногда может превышать величину c, но во всех таких случаях непременно существует такая нормальная дисперсия, что групповая скорость никогда не достигает c. Например, наличие свободных электронов в ионосфере уменьшает значение диэлектрической проницаемости ионосферы ε, вследствие чего для ионосферы (как и для пространства, содержащего только свободные электроны) $\varepsilon < 1$. В таком пространстве, в частности в ионосфере, фазовая скорость больше c. Однако фазовая скорость при повышении частоты уменьшается вследствие того, что чем выше частота волны, тем меньше скорость движения электронов в поле волны (сказывается инерция электронов). Поэтому чем выше частота, тем меньше влияет присутствие электронов на величину ε, которая с ростом частоты приближается к единице. Это значит, что в среде, содержащей свободные электроны, существует нормальная дисперсия. Вследствие этого в ионосфере групповая скорость и скорость распространения импульса всегда меньше c.

Точно так же фазовая скорость распространения волн в *волноводе* больше c и уменьшается с увеличением частоты, т. е. и в этом случае существует нормальная дисперсия, за счет чего групповая скорость оказывается меньше c. Этот результат не является частным для двух рассмотренных случаев, а имеет общий характер. Согласно основным представлениям теории относительности никакой сигнал не может распространяться со скоростью, превышающей c — скорость электромагнитных волн в вакууме. Что же касается гармонических волн, т. е. бесконечных синусоидальных волн, то хотя они могут распространяться со скоростью, превышающей c (например, в ионосфере или волноводе), но они не переносят никакого сигнала. Для передачи сигнала гармоническая форма волны должна быть искажена модуляцией. Но тогда начинает сказываться нормальная дисперсия и сигнал распространяется со скоростью не только меньшей, чем скорость распространения несущей волны, но и меньшей, чем c.

Следящие системы — системы дистанционной передачи угла, способные преодолевать большие моменты нагрузки на приемной оси. С. с. представляют собой автоматические регуляторы положения или скорости, у которых заданной величиной является угол поворота задающей оси, а регулируемой — угол поворота выходной оси (оси отработки). Задатчиками и измерительными органами С. с. служат приемники и датчики, применяемые в системах дистанционной передачи угла, а исполнительным органом — двигатель. В современных С. с. в большинстве случаев используются электрические двигатели постоянного и переменного тока, значительно реже — гидравлические или пневматические двигатели. С. с., в отличие от большинства регуляторов, работают в режиме отработки быстро изменяющегося заданного положения командной оси. В некоторых случаях С. с. работают в режиме, при котором командная ось непрерывно изменяет свое положение. С. с. можно рассматривать как систему *автоматического регулирования*, причем объектом регулирования является исполнительный двигатель.

На рис. приведена функциональная схема простейшей С. с. Одним из основных ее элементов служит сравнивающее устройство *2*, которое посредством обратной связи *7* сравнивает заданный сигнал *1* с фактическим положением выходной оси исполнительного двигателя *5*. Если

входной сигнал и положение оси двигателя не согласованы, то на выходе сравнивающего устройства вырабатывается сигнал рассогласования. Последний усиливается и преобразуется в усилительных *3, 4* и корректирующих цепях *6*, заставляя исполнительный двигатель приводить свою ось в соответствие с сигналами задающего устройства.



Применяются непрерывные и дискретные С. с. В первых все элементы являются устройствами непрерывного действия, а во вторых используются релейные или импульсные устройства, квантующие управляющие сигналы различными способами. Передача квантованных сигналов имеет определенные преимущества перед передачей непрерывных сигналов в отношении точности, помехоустойчивости, упрощения усилительных устройств и т. д.

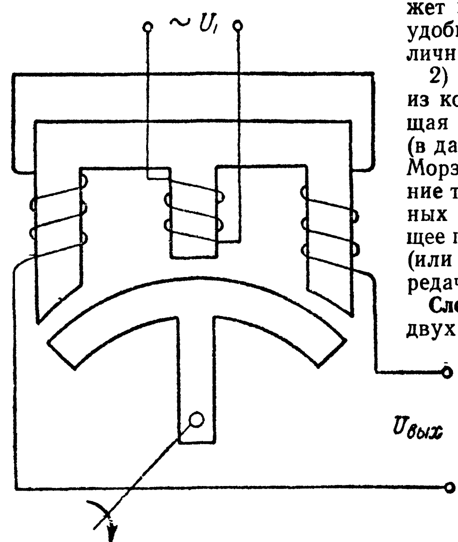
Одно из основных требований, которые предъявляются к С. с., состоит в точности воспроизведения исполнительным двигателем сигналов задающего устройства. Точность С. с. определяется погрешностями в переходных и установившихся режимах. Причины погрешностей С. с. следующие: 1) инерционность отдельных элементов, 2) возмущения и помехи, 3) инструментальные погрешности элементов и нелинейности (зона нечувствительности сравнивающего устройства и двигателя, сухое трение в редукторах и т. д.).

Другое требование, предъявляемое к С. с., состоит в плавности отработки в наиболее широком диапазоне скоростей слежения. Для этого исполнительный двигатель должен быть использован в диапазоне скоростей с возможно большей кратностью. В большинстве практических случаев максимальная скорость отработки выходной оси С. с. не превышает нескольких десятков градусов в секунду. Номинальная скорость вращения электродвигателей, применяемых в С. с., составляет несколько тысяч оборотов в минуту. Поэтому между двигателем и исполнительной осью устанавливается понижающий редуктор с большим передаточным числом. Применение таких редукторов позволяет увеличивать моменты на исполнительной оси, уменьшает моменты нагрузки, отнесенные к двигателю, уменьшает влияние момента инерции приводимого в движение механизма на погрешности системы.

С. с. является одновременно усилителем механической мощности с большим усилением. Такие устройства обладают склонностью к *автоколебаниям* или к свободным медленно затухающим колебаниям. Для устранения автоколебаний и уменьшения свободных колебаний служат корректирующие устройства, обеспечивающие устойчивую отработку и быстрое затухание колебательных процессов.

Следящие трансформаторы — трансформаторы, якорь которых может поворачиваться по отношению к сердечнику на некоторый угол (см. рис.). С. т. применяются для измерения углов рассогласования *следящих систем*. При нейтральном положении якоря напряжения, наводимые во вторичных обмотках С. т., равны, но так как эти обмотки одинаковы и включены

навстречу друг другу, то результирующее напряжение на выходе имеет нулевое значение. При повороте якоря из нейтрального поло-



жения значения магнитных потоков, сцепляющихся с отдельными вторичными обмотками, изменяются. При этом равенство напряжений нарушается и на выходе вторичной обмотки появляется разностное напряжение, фаза которого зависит от знака рассогласования, а амплитуда пропорциональна углу поворота.

Слипание строк — нарушение *чересстрочной развертки*, при котором строки одного поля сближаются со строками другого. При полном С. с. чересстрочная развертка превращается в прогрессивную развертку с вдвое меньшим числом строк.

Слово — 1) группа двоичных цифр, представляющая в *цифровой вычислительной машине* либо одно число, либо *команду*. Кроме того, С. может расшифровываться как набор букв, цифр или других символов. В большинстве электронных цифровых машин С. имеют фиксированное количество двоичных разрядов. В очень больших машинах универсального назначения С. может иметь переменную длину, что удобно для программирования различных классов задач.

2) Группа символов или знаков, из которых строится *код*, образующая сообщение наименьшей длины (в данном коде). Например, в коде Морзе С. будет называться сочетание точек и тире (коротких и длинных посылок тока), соответствующее передаче одной буквы русского (или латинского) алфавита или передаче одной цифры.

Сложение цветов — сложение двух или более световых потоков различного цвета и, следовательно, различного спектрального состава. В результате С. ц. получается суммарный поток другого цвета. Экспериментально доказано, что любой цвет F может быть получен сложением трех основных цветов — красного, зеленого и синего; этот факт описывается уравнением

$$f'F = r'R + g'G + b'B,$$

которое надо понимать как количественное и качественное. Световой поток (или яркость) цвета F равен сумме потоков красного R, зеленого G и синего B. Буквы F, R, G, B — обозначения единиц цветов (как *г*, *а* и т. д. обозначают единицы массы, тока и т. д.), а f', r', g', b' — количества этих единиц (числа). Числа f', r', g', b' называются координатами цвета в системе единиц RGB.

Примеры С. ц.: красный плюс зеленый дает желтый, синий плюс зеленый — голубой и т. д. Единицы RGB выбираются так, чтобы сумма равных количеств их ($r' = g' = b'$) давала белый или серый цвет.

С. ц. может быть одновременным, последовательным и пространственным. При последовательном С. ц.

световые потоки сменяют друг друга так быстро, что из-за инерции зрительного ощущения они сливаются в один непрерывный поток суммарного цвета. При пространственном С. ц. цветовые пятна на экране образуют мозаику столь мелкую, что наблюдатель ее не различает и видит суммарный цвет.

Слой D, слой E, слой F — см. *Ионосфера*.

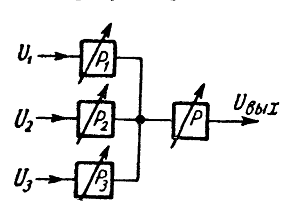
Слуховое восприятие искажений — заметное на слух несоответствие звука, переданного через электроакустическую систему связи, подлинному звучанию первоисточника. Разные виды *искажений* вызывают различные слуховые восприятия. Частотные искажения передающей системы приводят к изменению *тембра*; это затрудняет распознавание голоса знакомого человека, а иногда и вида инструмента, на котором исполняется музыкальное произведение. Нелинейные искажения наряду с неприятным изменением тембра вызывают хрипоту, потрескивание и другие призвуки. Различные помехи вызывают самые разнообразные звуки, не связанные с основным передаваемым сигналом и обычно воспринимаемые на слух как посторонние трески, шипение, гул или шум. В зависимости от заметности этих основных видов искажений устанавливаются *классы качества* систем связи. Дополнительными видами искажений являются фазовые искажения, наиболее заметные как присвисты при произношении шипящих и свистящих звуков речи (с, ч, щ). Сокращение *динамического диапазона* передаваемых сигналов воспринимается как монотонное звучание, лишенное естественной контрастности (в смысле наличия в передаче громких и тихих звуков). В ряде случаев эти искажения вводят сознательно с целью избежания других, более неприятных. При обычной передаче по одному каналу связи (монофонической) теряется ощущение пространственного расположения источника звука, т. е. звуковая перспектива. Последнее в известной степени сохраняется только при *стереофоническом вещании*. Искажение переходных процессов воспринимается как нечистое, гнусавое звучание, лишенное естественной «прозрачности», что весьма сходно с восприятием нелинейных искажений. Наконец, *детонации*, возникающие при воспроизведении *звукозаписи*, часто воспринимаются как «плавание» звука в виде завываний или как изменение тональности.

Слуховой аппарат — звукоусиливающее устройство для лиц с частичной потерей слуха. С. а. состоит из *микрофона*, *усилителя* и *телефона*. Микрофон, размеры которого не превышают 1 $см^3$, обычно крепится к петлице пиджака или платья. Усилитель выполняется в карманном оформлении или монтируется совместно с микрофоном либо телефоном. Миниатюрный телефон вставляется в ушной канал или монтируется в заушниках очков, что позволяет использовать костную звукопроводимость.

Случайный процесс — см. *Сигнал вещательной передачи*.

Смеситель — устройство, имеющее несколько входов и общий выход, применяемое для смешения нескольких электрических сигналов. С. часто используется в системах *вещания* или при *звукозаписи* и позволяет смешивать сигналы, поступающие с разных микрофонов. Таким образом можно создавать смешанное звучание, например речь на фоне музыки. В этих С. (см. рис.) предусматривается возможность независимой регулировки *уровня* каждого сигнала (U_1, U_2, U_3 и т. д.) посредством так называемых индивидуальных регуляторов (P_1, P_2, P_3) и общей регулировки уровня смешанного сигнала ($U_{вых}$) с помощью регулятора (P), называемого групповым. В качестве индивидуальных и группового регуляторов в С. применяются *атте-*

нюаторы, собранные по специальной (стабилизированной) схеме, обеспечивающей согласование выходных сопротивлений индивидуальных регуляторов с входным

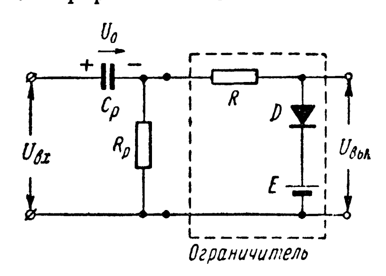


сопротивлением группового регулятора. Более простые схемы этих регуляторов содержат электронные лампы или транзисторы. Простейшие С. без регулировки уровней состоят из ряда постоянных сопротивлений.

Смесительная лампа — электронная лампа, работающая в *преобразователе частоты*. С. л. может служить трехэлектродная лампа. Кроме того, в качестве С. л. применяют лампы с несколькими сетками и подают принимаемые и вспомогательные колебания на различные сетки. Часто такая лампа служит одновременно и для возбуждения вспомогательных колебаний. Для этого она должна иметь дополнительные сетки, и тогда ее называют частотнопреобразовательной лампой. В них также имеются вспомогательные сетки, улучшающие параметры лампы. Поэтому С. л. обычно являются лампы с пятью сетками (см. *Гептод*). Кроме того, промышленностью выпускаются комбинированные частотнопреобразовательные лампы, например типа триод-гептод. В этих лампах генерирование вспомогательных колебаний осуществляется отдельным триодом, конструктивно объединенным в одной колбе с гептодом, в данном случае играющим роль чисто С. л.

Смещение динамическое — постоянное напряжение, создающееся на разделительном конденсаторе при передаче переменного напряжения через RC-цепь на нелинейную нагрузку (на *ограничитель* или *ключ*). При передаче периодического напряжения через RC-цепь на некоторую постоянную нагрузку (например, на активное сопротивление, или на вход усилительного каскада), конденсатор C заряжается в стационарном режиме до уровня, определяемого постоянной составляющей передаваемого напряжения.

Если передаваемое напряжение симметрично, т. е. его постоянная составляющая равна нулю, то и постоянная составляющая напряжения на разделительном конденсаторе также будет равна нулю. Если же периодическое напряжение передается через разделительную R_pC_p-цепь на ограничитель или



ключ (см. рис.), то конденсатор будет заряжаться даже при симметрии передаваемого напряжения. Последнее объясняется тем, что сопротивления цепей заряда и разряда конденсатора не одинаковы. Заряд конденсатора создает на ограничителе-ключе дополнительное смещение U_0, называемое С. д., действующее аналогично действию статического смещения, создаваемого внешним источником E_0.

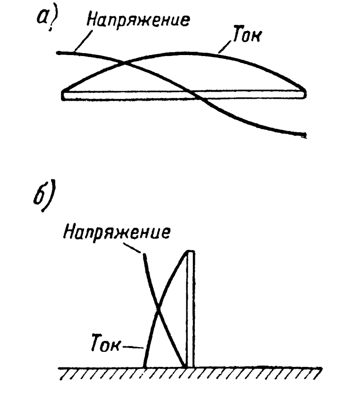
Величина U_0 зависит от формы и *скважности* входных импульсов. Для уменьшения U_0 можно уменьшить отношение R_p/R. Для устранения динамического смещения следует либо сделать равными сопротивления цепей заряда и разряда

конденсатора C_p, что можно осуществить включением дополнительного *диода* последовательно с сопротивлением R_p, либо применить вместо *RC*-цепи трансформаторную связь источника напряжения с ограничителем. Динамическое смещение используется с целью фиксации определенного постоянного уровня напряжения; соответствующие устройства называются фиксаторами уровня.

Смыкание переходов — явление, наблюдаемое в транзисторах с тонкой и достаточно высокоомной областью базы (главным образом в высокочастотных сплавных) при приложении высокого напряжения к коллекторному переходу; это явление заключается в прямом прохождении тока между выводами эмиттер — коллектор и потере транзистором усилительных свойств. С. п. происходит вследствие *расширения обедненного слоя* коллекторного перехода на всю толщину базовой области и смыкания с обедненным слоем эмиттерного перехода. Напряжение на коллекторном переходе, при котором происходит С. п., называется напряжением смыкания. После снижения напряжения смыкание пропадает и транзистор вновь обретает усилительные свойства.

Снижение — см. *Антенна.*

Собственная длина волны антенны — длина волны, соответствующая самой низшей частоте собственных колебаний антенны в случае, когда в нее не включены какие-либо дополнительные емкости или индуктивности. Частота собственных колебаний в антеннах, как в *длинных линиях*, определяется размерами антенны. В антеннах при собственных колебаниях устанавливаются *стоячие электромагнитные волны*, причем на свободных концах антенны получаются пучности напряжения и узлы тока (см. рис. *а*), а на заземленном конце антенны — узел напряжения и пучность тока (см. рис. *б*). Поэтому собственная длина волны незаземленной антенны равна удвоенной длине антенны, а для заземленной антенны — учетверенной ее длине. В случае антенны с горизонтальной частью надо учитывать полную длину всей антенны (распределение тока вдоль горизонтальной



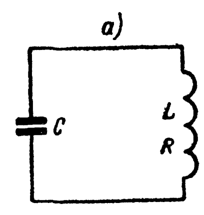
части является продолжением распределения на вертикальной части). Следовательно, горизонтальная часть удлиняет собственную волну антенны.

Обычно антенна имеет трансформаторную или *автотрансформаторную связь* с колебательным контуром приемника или передатчика, и тогда в антенну оказывается последовательно включенной некоторая индуктивность. Из-за этого длина волны, на которую настроена антенна, больше С. д. в. а.

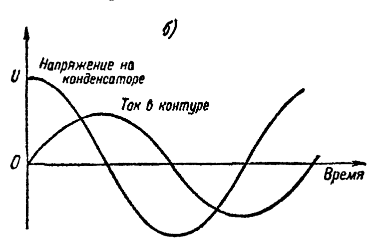
Собственная концентрация носителей — *равновесная концентрация носителей* в *собственном полупроводнике.*

Собственная проводимость — проводимость полупроводника в отсутствии влияния примесей. При этом в С. п. участвуют одинаковые количества электронов и дырок, но ввиду отличия их *подвижностей* один тип проводимости может играть бо́льшую роль; обычно электронный тип проводимости бывает существеннее дырочного.

Собственные колебания — колебания, возникающие в системе вследствие нарушения равновесия (начального «толчка») и происходящие за счет энергии, которая при этом сообщена системе. Амплитуда С. к. в данной системе определяется характером и энергией «толчка», а частота — свойствами самой системы. Системы, в которых могут возникать С. к., называются колебательными. Электрическими колебательными системами являются цепи, обладающие емкостью, индуктивностью и достаточно малым индуктивным сопротивлением.



В простейшем колебательном контуре, состоящем из емкости C, индуктивности L и активного сопротивления R (см. рис. *а*), при замыкании заряженного конденсатора C на катушку L разряд его носит колебательный характер, если R достаточно мало. Происходит это потому, что явление *самоиндукции* препятствует мгновенному возрастанию тока в контуре и ток все время постепенно увеличивается, пока конденсатор разряжается. В момент, когда конденсатор разрядился, ток в цепи достигает наибольшей величины. Так как вследствие самоиндукции ток не может прекратиться мгновенно, он продолжается в том же направлении и заряжает конденсатор. При этом напряжение, возникающее на конденсаторе и направленное навстречу току, постепенно уменьшает ток. Когда ток прекратится, конденсатор окажется заряженным до напряжения почти такого же, как и в начале разряда, но с обратной полярностью. После этого снова начинается разряд конденсатора, возникает ток обратного направления, и весь процесс повторяется многократно. Графически этот процесс С. к. в контуре изображен на рис. *б*.



С энергетической точки зрения процесс заключается в постепенном переходе электрической энергии заряженного конденсатора (начальной энергии) в магнитную энергию тока, которая затем снова переходит в электрическую энергию конденсатора, и т. д. Если бы не происходило потерь энергии, то колебания продолжались бы сколь угодно долго. Однако из-за неизбежных потерь энергии в контуре, обусловленных активным сопротивлением R, С. к. являются *затухающими колебаниями* и постепенно затухают — тем быстрее, чем больше R.

Скорость затухания колебаний характеризуется *логарифмическим декрементом затухания.* Период С. к. в контуре T зависит от величин L и C и приближенно выражается формулой Томсона:

$$T = 2\pi \sqrt{LC},$$

где L выражено в генри, C — в фарадах, а T — в секундах. Если затухание велико, то эта формула неверна и период колебаний по мере увеличения затухания все больше и больше возрастает. При достаточно большом активном сопротивлении контура колебания вообще не возникают и конденсатор разряжается апериодически.

Возбудить С. к. в контуре можно и иными способами, например пропустив ток по катушке самоиндукции, а затем отключив источник тока (конечно, не разрывая при этом колебательного контура). С. к. могут также возникать и в более сложных цепях, содержащих емкости и индуктивности. При этом может возбуждаться сразу несколько С. к. с различными частотами, которые определяются величинами емкостей и индуктивностей, входящих в цепь (см. *Связанные колебания*, *Собственные колебания в длинных линиях*).

Собственные колебания в длинных линиях — электромагнитные колебания, возникающие в отрезках *длинных линий* под действием электрического импульса, нарушающего «электрическое равновесие» в длинной линии, например при включении в нее источника э. д. с. Причиной возникновения С. к. в. д. л. является отражение распространяющегося вдоль линии электромагнитного импульса от концов или от точек линии, где свойства ее резко изменяются. Повторные отражения импульса обусловливают повторяющиеся изменения напряженности электрического и магнитного полей во всех сечениях линии, т. е. электромагнитные колебания в ней. Процесс этот в простейших случаях является периодическим (если пренебречь затуханием линии), но не гармоническим. Он может быть представлен в виде *спектра гармонических колебаний*. Каждая из составляющих этого спектра представляет собой одно из возможных С. к. в. д. л.

В зависимости от условий отражения и характера начального импульса в линии возбуждаются либо сразу все свойственные отрезку линии собственные колебания, каждому из которых соответствует своя собственная частота, либо только некоторые из этих колебаний В простейшем случае однородной линии с одинаковыми условиями отражения импульса от обоих концов линии возникают собственные колебания с кратными частотами; период самого медленного из этих С. к. в. д. л. равен времени распространения электромагнитного импульса вдоль линии туда и обратно. Частота этого колебания является наинизшей из всех частот С. к. в. д. л. Частоты всех остальных С. к. в. д. л. в указанном простейшем случае кратны этой наинизшей частоте. Потери энергии в двухпроводных воздушных линиях, высокочастотных кабелях и т. д., не нагруженных на концах, т. е. разомкнутых или замкнутых накоротко, обычно малы. В таком случае С. к. в. д. л. затухают медленно. Поэтому замкнутые накоротко или разомкнутые на концах отрезки воздушных линий, фидеров и т. д. обычно представляют собой колебательные системы с малым затуханием.

Пренебрегая затуханием С. к. в. д. л., получим в линии, в результате этих колебаний, картину *стоячих электромагнитных волн*. Каждому из С. к. в д. л. соответствует определенный тип стоячей волны с определенным числом узлов и пучностей. На разомкнутом конце линии всегда образуются узел тока и пучность напряжения, и, наоборот, на короткозамкнутом конце линии всегда получаются пучность тока и узел напряжения. При этом на всей длине линии укладывается целое число полуволн, если оба ее конца замкнуты или разомкнуты (т. е. если условия отражения электромагнитного импульса на обоих концах одинаковы). Если же один конец линии замкнут, а другой разомкнут, то на всей линии укладывается нечетное число четвертей волны (см. рис. к ст. *Стоячие электромагнитные волны*).

Колебание с наиболее низкой частотой является основным колебанием спектра С. к. в. д. л. Оно соответствует случаю, когда на длине

линии укладывается полволны, если условия отражения на обоих ее концах одинаковы, или укладывается четверть волны, если условия на обоих концах различны. Для всех других колебаний на линии укладывается в целое число раз больше полуволн в первых двух случаях или нечетное число четвертой волн в третьем случае. Эти колебания, имеющие частоты, в целое число раз большее, чем частота основного колебания, являются высшими *гармониками* спектра С. к. в. д. л.

Собственный полупроводник — полупроводник высокой степени очистки, исключающей влияния примесей на электропроводность. Так, чтобы германий при нормальной температуре приобрел свойства С. п., содержание примесей в нем должно быть меньше 1 *мг* на 1 *т*; в собственном кремнии допустимая концентрация примесей еще в 1000 раз меньше. При этом концентрации электронов и дырок в полупроводнике одинаковы и называются собственной концентрацией носителей.

Совместимая система цветного телевидения — система цветного телевизионного вещания с одновременной или смешанной передачей *цветовых сигналов*, которые можно также принимать на обычные телевизоры в черно-белом варианте. С. с. ц. т. основана на том, что цвета мелких деталей не ощущаются. Поэтому для получения четкого цветного изображения достаточно передать в полной полосе частот только сигналы, пропорциональные яркости u_Y, а сигналы цветности передавать в полосе частот, в четыре раза более узкой. Таким образом, правильный цвет в С.с.ц.т. передается лишь для деталей, протяженность которых вдоль строк составляет не менее четырех элементов изображения.

В С. с ц. т., принятой в США и Японии (эн-ти-эс си), сигнал цветного изображения состоит из суммы черно-белого сигнала u_Y и двух сигналов, несущих информацию о цветности. В варианте этой системы, используемой для опытного вещания в СССР и ряде стран Европы, цветоразностные сигналы $u_R - u_Y$ и $u_B - u_Y$ посредством *квадратурной модуляции цветовой поднесущей частоты* передаются одновременно и заполняют пустоты *спектра сигналов* черно-белого изображения. В амплитуде цветовой поднесущей содержится информация о *чистоте цвета*, а в фазе — *о цветовом тоне*.

В приемнике два синхронных детектора, управляемые сигналами *вспышки*, выделяют сигналы $u_R - u_Y$ и $u_B - u_Y$, которые совместно с сигналом u_Y в счетно-решающей (матричной) схеме дают на выходе третий цветоразностный сигнал $u_G - u_Y$. Цветоразностные сигналы поступают на модуляторы соответствующих прожекторов *масочной цветной приемной трубки*, а сигнал u_Y поступает на их катоды в обратной полярности. В результате управляющее напряжение на каждом прожекторе получается равным $u_R - u_Y - (-u_Y) = u_R$ и т. д.

Во время приема на цветной телевизор черно-белой передачи сигналы цветности равны нулю. Поэтому на всех трех прожекторах действует только сигнал u_Y, что дает черно-белое изображение.

Система эн-ти-эс-си весьма чувствительна к «дифференциально-фазовым» искажениям, нарушающим правильность цветопередачи. Эти искажения появляются в результате разности фаз цветовой поднесущей на уровне белого и черного (вспышки); они почти всегда имеют место в дальних каналах связи и при записи сигналов на *видеомагнитофоне*.

Хорошие результаты при передаче по обычным каналам черно-

белого телевидения дает французская система СЕКАМ. В этой смешанной системе цветоразностные сигналы $u_R - u_Y$ и $u_B - u_Y$ передаются поочередно через строку. Модуляция поднесущей — частотная. Правильный цвет воспроизводится двумя строками, т. е. в деталях, занимающих в поперечном направлении не менее двух элементов. В системе эн-ти-эс-си цвет в поперечном направлении передается еще лучше, но это не ощущается. В приемнике СЕКАМ отсутствуют синхронные детекторы, но необходима линия задержки сигналов на одну строку и коммутатор, чтобы всегда иметь одновременно сигналы $u_R - u_Y$ и $u_B - u_Y$ для формирования сигнала $u_G - u_Y$.

В СССР разрабатывается С. с. ц. т. на основе системы СЕКАМ. Единая С. с. ц. т. для Европы еще не принята.

Совместимость цветного телевидения — возможность принимать на черно-белый телевизор сигналы цветной передачи (в черно-белом виде), и возможность на цветной телевизор принимать передачи черно-белого изображения (также в черно-белом виде). С. ц. т. обеспечивается передачей сигналов цветного изображения в полосе частот и канале стандартного черно-белого телевизионного вещания.

Согласованная нагрузка — присоединенное к *длинной линии* сопротивление такой величины, что в месте его присоединения не происходит отражения бегущей вдоль линии волны и, следовательно, не возникают *стоячие электромагнитные волны*. В линиях, предназначенных для передачи энергии высокочастотных колебаний, например *антенных фидерах*, возникновение стоячих волн обычно нежелательно. Наличие таких волн требует специальной настройки фидера, чтобы получить в соответствующих местах пучности напряжения или тока, нужные для питания антенны, а также понижает к. п. д. фидера и уменьшает мощность, которую можно передать через фидер.

Ухудшение к. п. д. объясняется тем, что стоячая волна не переносит с собой энергии, а потери в фидере в случае стоячей волны значительно больше, чем в случае бегущей, так как токи в пучностях (а значит, и тепловые потери) достигают гораздо бо́льших значений, чем в бегущей волне. Кроме того, бо́льшие напряжения в пучностях стоячей волны создают увеличенные потери в изоляции фидера и могут вызвать ее пробой. Во избежание этого приходится уменьшать подводимое к фидеру напряжение, а значит, и передаваемую мощность. Поэтому в антенных фидерах, высокочастотных кабелях и т. д. всегда стремятся устранить стоячие волны путем согласования нагрузок с линией.

С. н. должна представлять собой сопротивление, равное *волновому сопротивлению* линии. В частности, так как нагрузками для антенного фидера обычно являются, с одной стороны, антенна, с другой, — входной контур приемника или выходной контур передатчика, то для устранения стоячих волн в фидере необходимо, чтобы входное сопротивление антенны и приемника и выходное сопротивление передатчика представляли собой активные сопротивления, равные волновому сопротивлению фидера.

Сокольническая радиостанция — радиостанция Научно-испытательного института связи Красной Армии в Сокольниках (Москва), через которую с 12 октября 1924 г. началось систематическое радиовещание по заранее объявленной в газетах программе. На этой станции А. Л. Минц совместно с И. Г. Кляцкиным, Н. И Огановым и М. И. Басалаевым построили ряд телефонных передатчиков мощностью от 1,2 *квт* (1924 г.) до 20 *квт*. Последний передатчик к моменту его пуска был самым мощным в мире. 7 мая

1925 г. С. р. было присвоено имя А. С. Попова. В том же году здесь был построен первый в мире коротковолновый радиотелефонный передатчик мощностью 1 *квт* и началось регулярное вещание на коротких волнах. Параллельно с ним вскоре начал работать коротковолновый десятикиловаттный передатчик, позволивший собрать обширный материал по распространению коротких волн.

На С. р. был накоплен значительный опыт по конструированию передатчиков и разработаны методы их расчета; здесь выросла группа высококвалифицированных строителей радиостанций, ставших затем во главе строительства мощных радиостанций. С. р. была центром важных начинаний и экспериментов в области радиовещания. Через эту станцию начались первые трансляции из Колонного зала Дома Союзов, передачи опер из Большого театра и боя часов Спасской башни Кремля. Эта станция первой начала передавать техническую консультацию для радиолюбителей.

Соленоид — катушка индуктивности, обмотка которой расположена по поверхности (действительной или воображаемой) удлиненного цилиндра.

Солнечная батарея — полупроводниковое устройство, преобразующее световую энергию излучения Солнца в электрический ток. С. б. состоит из набора последовательно или параллельно соединенных кремниевых *фотодиодов*, используемых в режиме *вентильного фотоэффекта*. Отдельные фотодиоды, имеющие вид небольших пластин, монтируются в одной плоскости, причем общая площадь поверхности С. б. может быть весьма значительной. Чем больше поверхность С. б., тем бóльшую электрическую мощность она в состоянии развивать. С. б. являются важным видом источников питания в космической технике, но также находят применение для питания разнообразной аппаратуры в земных условиях.

Сон — единица измерения *громкости*. Громкость, равная 1 сону, имеет звук, уровень громкости которого равен 40 *фонам*. Пользуясь сонами, можно разделить диапазон воспринимаемых громкостей на субъективно равные ступени.

Сопротивление базы — параметр транзистора. Различают низкочастотное С. б., являющееся параметром низкочастотной Т-образной *эквивалентной схемы транзистора*, и высокочастотное, или объемное, С. б. Последняя величина описывает электрическое сопротивление объема базовой области транзистора и является важной физической характеристикой транзистора при его работе на высоких частотах. Объемное С. б. ограничивает (особенно на высоких частотах) усиление, даваемое транзистором, и потому его стараются всячески уменьшить.

Сопротивление излучения — величина, связывающая мощность, расходуемую на *излучение радиоволн* какой-либо антенной, с током в этой антенне. Обычно в антеннах устанавливаются *стоячие электромагнитные волны*, и поэтому ток в разных участках антенны различен. Мощность излучаемых волн пропорциональна квадрату тока и может быть выражена формулой

$$P_и = I^2 R_и,$$

где $P_и$ — мощность излучаемых волн; I — действующее значение тока в той точке, где в антенну включен питающий ее генератор или фидер; $R_и$ — С. и. антенны, отнесенное к указанной точке, в которой измерен ток I.

Обычно С. и. относят к пучности тока антенны. Поскольку С. и. характеризует потребление мощности антенной от питающего генератора, то оно является активным сопротивлением. Величина С. и. зависит от размеров и формы

антенны. Например, С. и. *диполя*, длина которого равна половине длины волны, возбуждаемой в нем, составляет 73 *ом*. Размеры и форму передающих антенн желательно принимать такими, чтобы С. и. было возможно больше. Наоборот, активное сопротивление антенны, обусловливающее потери в ней, должно быть возможно меньше, так как к. п. д. антенны определяется отношением С. и. антенны и ее общему сопротивлению. Точно так же, чем больше это отношение для приемной антенны, тем полнее используется поступающая в антенну энергия радиоволн

Сопротивление коллектора — параметр транзистора. Различают С. к. — параметр Т-образной *эквивалентной схемы транзистора*, объемное С. к. — сопротивление коллекторной области транзистора и С. к. в режиме насыщения — параметр транзистора в схемах переключения. В первом значении величина С. к. характеризует дифференциальное сопротивление коллекторного перехода в рабочем режиме транзистора. В связи с подачей на коллекторный переход обратного напряжения величина такого С. к. обычно велика (у маломощных транзисторов достигает сотен килоом и единиц мегаом). Объемное С. к. незначительно (обычно единицы ом) и зависит от удельного сопротивления полупроводникового материала коллекторной области. С. к. в режиме насыщения, или просто С. к. насыщения, определяется остаточным падением напряжения между выводами коллектор — эмиттер при работе транзистора в области насыщения (см. *Насыщения область*). Ввиду того, что в этом режиме коллекторный переход работает под прямым напряжением, С. к. насыщения также невелико (обычно единицы ом)

Сопротивление механическое — см. *Метод электромеханических аналогий*.

Сопротивление эмиттера — параметр транзистора, появляющийся при составлении Т-образных эквивалентных схем транзистора. В зависимости от типа этих схем С. э. в одних случаях соответствует *дифференциальному сопротивлению* эмиттерного перехода транзистора в рабочем режиме и, таким образом, имеет определенный физический смысл, а в других случаях выступает в виде элемента формальной схемы замещения, обладающей теми же внешними свойствами, которые присущи транзистору в цепях малого сигнала (см. *Малосигнальные параметры транзистора*). Величина С. э. невелика, поскольку эмиттерный переход нормально находится под прямым напряжением и уменьшается с увеличением постоянного тока эмиттера.

Сопряжение контуров — согласование между собой настроек контуров усилителя высокой частоты и гетеродина, обеспечивающее возможность одноручечной настройки супергетеродина. Контуры усилителя высокой частоты должны быть настроены в резонанс. Для этого их катушки должны иметь, по возможности, одинаковые индуктивности, а емкости их конденсаторов, насаженных на общую ось (блок переменных конденсаторов) или связанных между собой какимлибо механизмом, должны быть равны и изменяться одинаково. Все же эти контуры могут оказаться расстроенными из-за различной индуктивности катушек и их различной *паразитной емкости*. Настройка выравнивается с помощью *подстроечных конденсаторов* и сердечников из магнитодиэлектрика, подстраивающих катушки. С. к. усилителя высокой частоты с контуром гетеродина состоит в том, что разность их частот в любой точке диапазона должна быть равна *промежуточной частоте* в *супергетеродине*. Для этого в контур гетеродина включают дополнительные конденсаторы (постоянной ем-

кости и подстроечные), называемые конденсаторами сопряжения. Они изменяют частоту гетеродина на нужную величину относительно частоты настройки контуров усилителя высокой частоты. Однако С. к. получается всегда лишь приближенным.

Сорокавосьмичасовой эффект — явление, наблюдаемое у транзисторов при периодических изменениях температуры. С. э. состоит в том, что после длительного пребывания транзистора при повышенной температуре, вызывающей изменение некоторых его параметров, восстановление исходных их значений происходит не сразу, а примерно в течение 48 *ч* после переноса транзистора в среду с нормальной температурой. С. э. играет большую роль в исследованиях стабильности и надежности транзисторов и обычно рассматривается как нежелательный. Физические причины С. э. связаны с *поверхностными явлениями в полупроводниках*. Специальные методы обработки поверхности полупроводника и герметизации транзисторов позволяет исключить С. э.

Спад импульсного сигнала — отрицательный фронт электрического *импульса*.

Спариваиие строк — см. *Слипание строк*.

Спейсистор — усилительный полупроводниковый прибор с *p—n* переходом, отличающийся тем, что управление током осуществляется при помощи электрода, введенного в область объемного заряда *p—n* перехода, т. е. в пределы *обедненного слоя*. Прохождение тока через такой прибор не связано с относительно медленным процессом диффузии неосновных носителей, как это имеет место в обычном транзисторе, поэтому изобретатели С. считают его перспективным прибором для усиления на особенно высоких частотах (1000 *Мгц* и выше). Однако за время, прошедшее с момента изобретения С., эти приборы не получили распространения, а задача усиления колебаний сверхвысокочастотного диапазона успешно решается при помощи соответствующих типов транзисторов и других более простых в изготовлении полупроводниковых приборов (*туннельных* и *параметрических диодов*).

Спектр (какой-либо изменяющейся во времени величины) — совокупность *гармонических колебаний*, сумма мгновенных значений которых в любой момент времени равна мгновенному значению данной изменяющейся во времени величины. Всякая изменяющаяся во времени величина (из тех, с которыми приходится иметь дело на практике) может быть представлена в виде суммы того или иного числа гармонических колебаний с различными частотами, амплитудами и фазами. Такое разложение на гармонические составляющие называется спектральным разложением, а совокупность всех гармонических составляющих — С. данной величины.

С. является важной характеристикой изменяющейся во времени величины, так как позволяет определить результат ее воздействия на ту или иную линейную систему. Например, С. некоторой меняющейся во времени э. д. с., действующей на линейную электрическую цепь, позволяет определить результат воздействия этой переменной э. д. с. на данную цепь. Знание состава С. воздействия позволяет определить результат этого воздействия, поскольку заранее известно, какой результат вызывает гармоническое воздействие на данную цепь. Условие линейности цепи, в которой действует э. д.с., играет существенную роль потому, что только в таких цепях имеет место *суперпозиция колебаний*. Поэтому результаты воздействия отдельных гармонических составляющих складываются, т. е. общий ток в цепи, созданный данной э. д с.,

является суммой тех гармонических токов, которые возникают под действием отдельных гармонических составляющих С. данной э д. с.

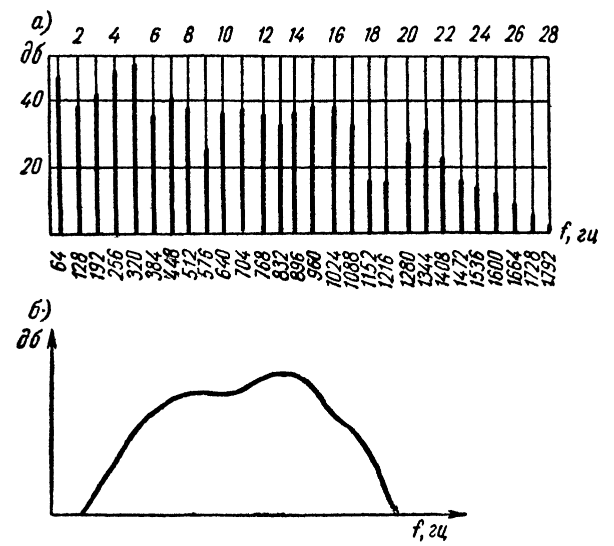
Результат воздействия (в нашем примере ток в цепи), так же как и само воздействие (в нашем примере э. д. с.), может быть разложен в С. Однако, как явствует из принципа суперпозиции колебаний, частоты составляющих С. результата воздействия на линейную систему не могут отличаться от частот С. самого воздействия. Но амплитуды и фазы составляющих С. результата воздействия, вообще говоря, отличаются от амплитуд и фаз, имеющих те же частоты составляющих С. самого воздействия. Например, если *полное сопротивление* электрической цепи зависит от частоты, то соотношение между амплитудами и фазами отдельных составляющих С. тока в цепи отличается от соотношения между амплитудами и фазами соответствующих составляющих С. действующей э. д. с. В *нелинейных цепях* не только амплитуды и фазы составляющих С. результата воздействия будут отличаться от амплитуд и фаз соответствующих составляющих С. самого воздействия, но в С. результата воздействия могут появиться составляющие с такими частотами, которые отсутствуют в С. самого воздействия. Типичным примером этого являются изменения частотного состава С. колебаний при *модуляции* и *детектировании*. Эти процессы происходят только в нелинейных цепях.

С. бывают линейчатые (или дискретные), в которых отдельные гармонические составляющие разделены друг от друга конечными частотными интервалами, и сплошные, содержащие гармонические составляющие с всевозможными частотами, сплошь заполняющими всю область частот, занимаемую С. В линейчатом С. каждая составляющая определенной частоты обладает определенной амплитудой, а значит и энергией. В сплошном С., поскольку на всю область частот, занимаемую С., приходится конечная энергия, а число гармонических составляющих в сплошном С. бесконечно велико, на каждую из гармонических составляющих приходится бесконечно малая энергия. Поэтому характеристикой интенсивности различных составляющих сплошного С. является спектральная плотность, т. е. энергия, приходящаяся на единичный участок частот (например, на 1 *гц* или 1 *Мгц* и т. д.) в той или иной области С.

Состав С. данной изменяющейся во времени величины зависит от характера ее изменений. Если они имеют периодический характер, то С. содержит только основное колебание и его *гармоники*, т. е. является линейчатым. Сумма нескольких изменяющихся во времени величин, каждая из которых изменяется со своим периодом, также имеет линейчатый С. Только в случае, когда изменения величины во времени не имеют периодического характера, С. этой величины является сплошным. Однако спектральная плотность в разных участках этого С. может быть существенно различной. Пусть, например, изменяющаяся величина представляет собой конечное число коротких импульсов, отделенных друг от друга равными промежутками времени. Так изменяющаяся величина не является периодической, так как число составляющих ее импульсов конечно (а при периодическом изменении число этих импульсов должно быть бесконечно велико) и С. ее является сплошным. Однако только в области С., в которой лежит частота повторения импульсов, спектральная плотность сплошного С. будет велика, а во всех остальных областях С. будет мала. Лишь в том случае, когда изменения величины происходят совсем нерегулярно (хаоти-

чески), сплошной С. этой величины будет иметь одинаковую спектральную плотность во всей области частот, занимаемой С.

Спектр звука — совокупность простых гармонических звуковых колебаний, на которые можно разложить сложное звуковое колебание. При изучении звуковых колебательных процессов чаще всего данного звука. Частота каждой гармонической составляющей указана на оси абсцисс. Каждая последующая частота равна nf_1, где n — последовательные целые числа, f_1 — частота основного тона (в нашем примере $f_1 = 64$ *гц*), называемого первой *гармоникой*. Эта гармоника создает ощущение высоты всего звучания, прочие гар-



исследуется частотно-амплитудный С. з. (а не спектр фаз), так как фазовые соотношения сравнительно мало влияют на слуховое восприятие.

Длительное звучание музыкального инструмента, издающего одну ноту, вызывает периодический, но не простой гармонический звуковой колебательный процесс. Такие звуки имеют дискретный спектр. В качестве примера на рис. *а* изображен частотно-амплитудный С. з. контрфагота, возбуждаемого на частоте 64 *гц*. Длина каждой линии спектра соответствует (в определенном масштабе, который на рис. *а* нанесен в децибелах) амплитуде гармонических составляющих моники (номера которых надписаны на рис. *а*) создают слуховое восприятие *тембра* звука.

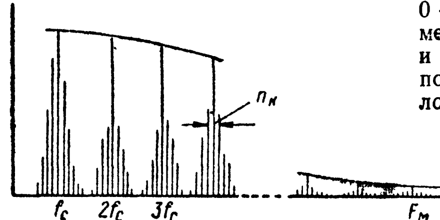
Если период сложного звукового колебания равен T, то $f_1 = 1/T$. Частота второй гармоники $f_2 = 2f_1 = 2/T$; частота n-й гармоники $f_n = nf_1 = n/T$. Разность частот двух соседних гармоник равна $1/T$. Чем больше период сложного колебания, тем меньше частотный интервал между соседними гармониками.

Сигнал вещательной передачи представляет собой непериодическое звуковое колебание. Если анализировать этот сигнал в течение ограниченного времени T (условно считая, что по истечении

этого времени сигнал повторяется, т. е. T является его периодом), то получим дискретный спектр. Если же рассматривать этот непериодический сигнал в течение длительного времени, то линии спектра будут сближаться и в пределе получим сплошной спектр, который определяется вершинами бесконечно близких линий спектра. Пример сплошного спектра показан на рис. *б*.

Некоторые шумы, не производящие ощущения звука определенной высоты, даже при сравнительно коротком времени анализа создают сплошной спектр.

Спектр сигналов изображения — совокупность амплитуд и фаз гармонических составляющих сигналов изображения. С. с. и. содержит «нулевые» частоты (0—2 *гц*),



Гребенчатый характер спектра ТВ сигнала: $f_с$ — частота строк, $n_к$ — частота кадров (полей).

отображающие уровень *средней составляющей сигнала изображения* и его изменения, а также частоты, группирующиеся вокруг *частот строк* и кадров (полей) и их гармоник. Верхняя граница С. с. и. $F_м$ определяется соотношением:

$$F_м = \frac{1}{2} K z^2 n_к,$$

где K — *формат изображения*; z — номинальное *число строк*; $n_к$ — частота кадров.

При передаче неподвижного изображения сигнал имеет строго периодический характер. Поэтому спектр такого сигнала дискретен: он состоит из постоянной составляющей (частота 0) частот кадров, строк и их гармоник. Спектр *полного сигнала* неподвижного *изображения* состоит только из частоты строк и ее гармоник, окруженных «боковыми частотами», отстоящими от «несущей частоты» строк на частоту кадров и кратную ей. Эти боковые частоты (см. рис.) — результат амплитудной модуляции гасящих импульсов нулевыми частотами и нижними частотами спектра сигналов.

При передаче движущихся изображений линии спектра «расплываются» в полосы. С. с. и. становится сплошным. Однако при передаче не слишком быстрых движений, какие имеют место в телевизионном вещании, С. с. и. носит «гребенчатый» характер: примерно половина общей полосы частот $0 \div F_м$ *гц* остается пустой в промежутках между частотами строк и ее гармониками. Эти пустоты используются для передачи сигналов *цветности* в *совместимой системе цветного телевидения*.

Чаще всего размер объектов в несколько раз или десятков раз превышает размер одного элемента изображения. Поэтому С. с. и. неравномерен: амплитуды гармоник уменьшаются с увеличением частоты. В среднем наибольшая часть энергии сигналов изображения сосредоточена в нижней части спектра (см. рис.). Конкретный вид спектра зависит от содержания изображения.

Спектральная плотность — функция, характеризующая среднюю мощность случайных процессов в зависимости от частоты. При исследовании неслучайных процессов пользуются понятиями С. п. амплитуд и фаз (см. *Спектр*). Эти понятия неприменимы к случайным процессам, для которых существует только статистический

спектр; физический смысл его состоит в том, что он выражает спектральную плотность мощности. С. п. определяется как преобразование Фурье от корреляционной функции случайного процесса $R(\tau)$:

$$S(\omega) = 2\int_0^\infty R(\tau)\cos\omega\tau dt;$$

$$R(\tau) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} S(\omega)\cos\tau\omega\, d\omega.$$

Корреляционная функция и С. п. стационарного случайного процесса обладают всеми присущими преобразованию Фурье свойствами. Чем шире спектр $S(\omega)$, тем у́же корреляционная функция $R(\tau)$, и наоборот. С. п. непрерывных случайных процессов может быть непрерывной функцией, сосредоточенной в относительно узкой полосе частот около фиксированной частоты или широкополосной.

Дискретные случайные процессы обладают дискретными С. п., которые представляют последовательности случайных линий, сосредоточенных на дискретных частотах. Интеграл от С. п.

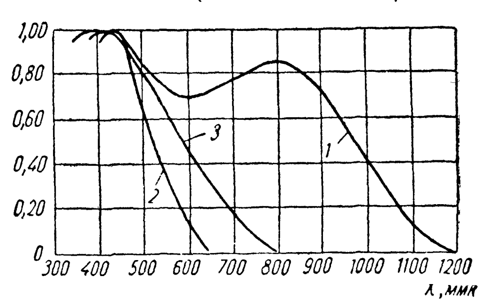
$$P = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} S(\omega)\, d\omega$$

представляет собой мощность случайной функции. Поэтому С. п. широко используется при оценке и сравнении качества различных систем связи, радиолокации, навигации и т. д.

Спектральная характеристика — зависимость чувствительности фотоэлектрического *датчика* (*фотосопротивления*, *фотоэлемента* и т. п.) от длины волны падающего на датчик света. Обычно С. х. представляется в виде графика, причем по вертикальной оси откладываются относительные (в процентах) значения *фототока*, а по горизонтальной — длины волн (в микронах или ангстремах); за 100% принимается величина фототока при волне основного максимума. Из С. х. ясно виден общий диапазон волн, к которым чувствителен данный фотодатчик, — его границы определяют по уровню 10%. Длинноволновая граница С. х. называется красной границей.

Спектральные характеристики передающих телевизионных трубок — зависимость тока сигнала от длины волны падающего света, при равномерном распределении мощности в спектре светового потока. С. х. п. т. т. совпадают со спектральными характеристиками *фотокатодов* трубок (за исключением *иконоскопа*).

Спектральные характеристики фотоэлементов — зависимость *фототока* (для эмиссионных *фотоэлементов* — тока насыщения) от длины волны падающего света или лучистого потока при равномерном распределении мощности в спектре излучения источника. Примерный вид С. х ф изображен на рис. Максимальное значение фототока принимается равным единице, или 100%



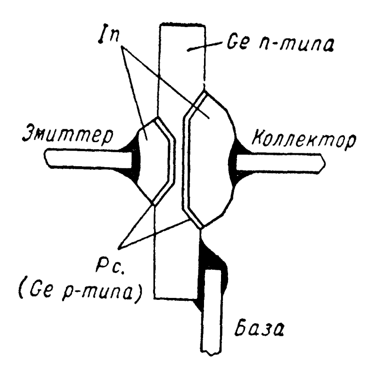
Примерный вид спектральных характеристик; *1* — серебряно-кислородно-цезиевого фотокатода; *2* — сурьмяно-цезиевого фотокатода; *3* — многощелочного фотокатода.

Спектральный цвет — цвет монохроматического (одной длины волны) светового потока.

Спектразональное телевидение — телевизионная система, в которой сигнал изображения образуется одновременно или последовательно в двух зонах спектра. Эти зоны выбираются так, чтобы сигналы от объекта и фона максимально различались между собой. С. т. позволяет наблюдать объекты, имеющие одинаковую яркость и даже цвет с фоном, но различные спектральные характеристики отражения. Сигналы С. т. удобно наблюдать на двухцветных кинескопах: сигнал каждой зоны спектра управляет яркостью одного цвета, например красного или зеленого. Изображение получается в условных цветах, не имеющих ничего общего с истинным цветом объектов.

Сплавной диод — см. *Полупроводниковые диоды.*

Сплавной транзистор — транзистор, в котором *p—n* переходы создаются путем сплавления примесных веществ с материалом исходной пластинки полупроводника. При изготовлении С. т. кристалл высокоочищенного и легированного соответствующими примесями германия или кремния разрезается на мелкие пластинки (например, 2×2 *мм* при толщине 0,2 *мм*). После дополнительной обработки и очистки поверхности механическими и химическими методами на каждую пластинку с двух сторон соосно накладываются маленькие кусочки (так называемые навески) электродного материала. Для германиевых транзисторов структуры *p — n — p* исходные пластинки имеют проводимость *n*-типа, а в качестве электродного материала используется главным образом индий, обладающий свойствами акцептора. Пластинки вместе с навесками помещают в специальную печь, температура в которой достаточна для плавления электродного материала, так что обе навески, переходя в жидкое состояние, образуют две капли на пластинке. Вслед за этим в каждой капле начинается растворение граничащего с нею слоя исходного полупроводника, хотя температура в печи не достаточна для его плавления. При этом обе капли как бы вплавляются в глубь пластинки и, одновременно насыщаясь основным полупроводниковым материалом, превращаются в жидкий расплав основного полупроводника в смеси с электродным материалом. Затем температуру начинают плавно понижать, и обе капли затвердевают, образуя на



границе с нерасплавившейся областью пластинки такую же кристаллическую структуру, какой обладает материал исходной пластинки. Однако наличие в рекристаллизованных слоях (*PC* на рис.) атомов примеси (электродного материала) приводит к появлению *p — n* переходов. После окончательного охлаждения, припаивания металлических выводов к обеим навескам и пластинке, дополнительной очистки поверхности путем электрохимического травления и заключения в корпус из этой пластинки получается транзистор.

Получение С. т. с однородными характеристиками требует высокой однородности исходных материалов, большой точности и тщательной воспроизводимости разнообразных операций и технологических режимов. Возникающие при

этом трудности мешают созданию С. т. с высокими граничными частотами, требующими получения очень тонких базовых слоев, которые здесь образуются как перешеек между фронтами вплавления электродных капель. Поэтому С. т. изготовляются как универсальные и мощные низкочастотные приборы, и граничные частоты коэффициентов усиления по току в схеме с общей базой (f_α) обычно составляют единицы мегагерц. С. т. по принципу действия являются диффузионными, так как область базы у них однородная (см. *Диффузионный транзистор*).

Спорадический слой *E* — см. *Ионосфера*.

Спусковые схемы — схемы, обладающие одним, двумя или многими состояниями устойчивого равновесия. Переход С. с. из одного состояния устойчивого равновесия в другое (или переход из состояния устойчивого равновесия в состояние квазиравновесия в С. с. с одним устойчивым состоянием) происходит скачком при воздействии на С. с. внешнего управляющего напряжения. Примерами С. с. являются *триггеры*, *мультивибраторы ждущие* и т. п.

Средние волны — волны длиной от 200 до 3000 *м*; могут распространяться непосредственно над поверхностью Земли на значительные расстояния, так как они поглощаются в Земле в меньшей степени, чем *короткие волны*. Поэтому для них не существует *зон молчания* и состояние ионосферы влияет на условия их приема в меньшей степени, чем для коротких волн. Вследствие поглощения в Земле С в. не могут распространяться на такие большие расстояния, как короткие волны при распространении в виде *пространственной волны*, но зато прием их отличается большей устойчивостью.

Средняя составляющая сигнала изображения — среднее значение сигнала за время передачи одного кадра. При телевизионной передаче неподвижного изображения средняя составляющая постоянна.

Стабилизаторы напряжения — устройства, автоматически регулирующие напряжение на выходе так, что изменения выходного напряжения оказываются во много раз меньше изменений подводимого напряжения. Чувствительная радиоаппаратура и многие другие приборы требуют гораздо более высокого постоянства питающих напряжений, чем постоянство напряжения в электрических сетях. Поэтому С. н. получили широкое распространение. Для переменного напряжения обычно применяются *ферромагнитные стабилизаторы напряжения*, для постоянного напряжения — *электронные стабилизаторы напряжения*. В качестве С. н. применяются также *стабилитроны*. Получение высокостабильных постоянных напряжений обычно требует комбинации нескольких С. н., например ферромагнитного до выпрямителя и электронного после выпрямителя.

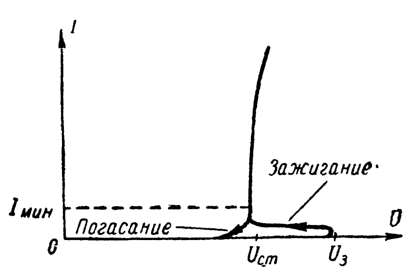
Стабилизация — совокупность мер, принимаемых для обеспечения устойчивости автоматических систем. Для С. используют различные стабилизирующие и корректирующие устройства. Эти устройства включаются в системы с целью обеспечения устойчивости и получения переходных процессов, соответствующих определенным качественным характеристикам. Корректирующие устройства включаются последовательно или параллельно основным элементам систем и формируют дополнительные сигналы, пропорциональные интегралам и производным от сигналов ошибки (*рассогласования*) или от входных и выходных отклонений, которые вместе с сигналом ошибки используются для управления автоматической системой.

С. и коррекция систем автоматического регулирования является одним из основных вопросов теории

автоматического регулирования. Теория и практика выработали некоторые методы, позволяющие улучшать процессы регулирования простейших систем, не прибегая к расчетам. Например, введение сигналов, пропорциональных производным от ошибки, позволяет устранять колебания и ускорять затухание переходных процессов. Физически управление при помощи ошибки и ее производных можно толковать как учет возможного характера протекания процессов регулирования с определенным предварением (опережением). Производная от сигнала ошибки увеличивает *демпфирование* всей системы, что способствует уменьшению, а в некоторых случаях, и полному устранению колебаний. Введение сигналов, пропорциональных интегралу от сигнала ошибки, способствует устранению статических ошибок. Иногда вводят сигналы, пропорциональные интегралу и производной от ошибки; это позволяет одновременно улучшать динамические свойства автоматических систем и уменьшать статические ошибки.

Стабилизация частоты — поддержание постоянства частоты, создаваемой генератором. Частота лампового генератора зависит от величин индуктивности и емкости колебательного контура, а также (хотя и в значительно меньшей степени) — от величины активного сопротивления, параметров электронной лампы и режима ее работы. Поэтому, если не принимать специальных мер, то вследствие небольших изменений параметров схемы и режима всякий генератор будет давать колебания не вполне постоянной частоты, а изменяющейся в известных пределах. Когда требуется, чтобы генератор работал с достаточно постоянной частотой, применяются специальные меры для С. ч. Одним из наиболее распространенных способов С. ч. в ламповых генераторах является кварцевая стабилизация, осуществляемая при помощи *пьезоэлектрических резонаторов*.

Стабилитрон — газоразрядный или полупроводниковый прибор, предназначенный для стабилизации напряжения. В основе стабилизирующего действия всех С. лежит резкое нарастание величины тока через С. при определенном напряжении $U_{ст}$. У газоразрядного С., называемого также стабиловольтом, это происходит в результате ионизации газа и развития тлеющего или коронного разряда, сопровождающегося свечением газа. Для «зажигания» газоразрядного С. первоначально к нему должно быть приложено повышенное напряжение ($U_з$ на рис. *а*),



а для поддержания разряда через С. должен проходить значительный ток (не ниже величины $I_{мин}$). Газоразрядные С. изготовляются для стабилизации напряжений от 60—75 *в* до тысяч вольт и на токи от единиц до сотен миллиампер.

Наиболее распространенный полупроводниковый С. — *кремниевый диод*, используемый в режиме электрического пробоя $p — n$ перехода (см. *Полупроводниковые диоды*). Вольт-амперная характеристика кремниевого С. отличается тем, что кремниевый С. начинает работать сразу же, как только напряжение достигнет величины $U_{ст}$, т. е. не требует предварительного перенапряжения. Кремниевые С. изготовляются для стабилизации напряжений от еди-

ниц до сотен вольт и на токи от единиц миллиампер до десятков ампер.

Во избежание порчи С., последовательно с ним включается ограничивающее ток сопротивление, на котором выделяется излишек напряжения.

Стабиловольт — см. *Газовый стабилизатор напряжений.*

Стандартная реверберация — см. *Реверберация.*

Стандарт-сигнал — то же, что *генератор стандартных сигналов.*

Стартстопные аппараты — распределители с периодическим остановом, принцип действия которых состоит в том, что передатчик и приемник одновременно совершают полный оборот при каждой передаче одного сигнала, останавливаясь до передачи следующего сигнала. Так как остановка передатчика и приемника происходит всегда в одном и том же положении, то С. а. всегда готовы к приему и передаче сигналов. В процессе совершения оборота передается импульсный код данного сигнала в виде комбинации пауз и посылок. С. а. получили большое распространение в телеграфной технике и телемеханике благодаря высокой надежности автоматического переключения.

Статизм (неравномерность) — наибольшая величина погрешности отклонения регулируемого параметра от заданного значения в установившемся режиме. Системы автоматического регулирования, обладающие С., не равным нулю, называются статическими. Статические системы не имеют в цепи регулирования интегрирующих звеньев. Величина С. обратно пропорциональна общему коэффициенту усиления всей цепи регулирования.

Статические параметры транзистора — не вполне точное название параметров, определяющих соотношения между постоянными напряжениями и токами в цепях транзистора. К С. п. т. относят значения *обратных токов* коллекторного и эмиттерного переходов, остаточное напряжение на промежутке коллектор — эмиттер в режиме насыщения (см. *Насыщения область*), коэффициенты усиления по постоянному току в схемах с общей базой и с общим эмиттером (см. *Коэффициенты усиления по току транзистора*) и др. Иногда термин С. п. т. по аналогии со статическими параметрами электронной лампы используется для обозначения параметров, характеризующих реакцию транзистора на малое изменение напряжения или тока в одной цепи при постоянном напряжении или токе в другой цепи, т. е. в отсутствие нагрузки. В этом смысле к С. п. т. следовало бы относить все параметры эквивалентного четырехполюсника, измеряемые в режимах короткого замыкания или холостого хода (см. *Параметры транзистора*), однако такое толкование термина С. п. т. не получило широкого распространения.

Статические характеристики транзистора — графики, выражающие зависимости между постоянными напряжениями и токами, действующими в цепях электродов транзистора. Из различных типов С. х. т. наиболее распространены *входные* и *выходные характеристики транзистора*. Каждому способу включения транзистора (см. *Схемы включения транзистора*) соответствуют свои С. х. т

Статические характеристики электронной лампы — *сеточные характеристики* анодного тока лампы, снятые при постоянном напряжении на аноде, т. е. в отсутствие анодной нагрузки и при постоянстве напряжений на всех остальных электродах, а также *анодные характеристики* анодного тока, снятые при постоянных напряжениях на управляющей и всех остальных сетках Эти характеристики называются статическими в отличие от динамических характери-

стик, снимаемых при наличии в анодной цепи нагрузочного сопротивления, вследствие чего напряжение на аноде изменяется при изменении анодного тока.

Стационарные случайные процессы — случайные процессы, статистические характеристики (законы распределения вероятностей) которых не зависят от начала отсчета вдоль оси времени. С. с. п. характеризуются последовательностью функций, определяющих вероятность нахождения случайной величины в определенных интервалах, отдаленных друг от друга произвольными промежутками времени. Основными характеристиками С. с. п. являются математическое ожидание и корреляционная функция. Математическое ожидание С. с. п. является постоянной величиной. Во многих случаях математическое ожидание С. с. п. равно нулю. С. с. п. с математическим ожиданием, равным нулю, называют центрированными процессами.

Стереоскопическое телевидение — телевизионное устройство, позволяющее наблюдателю видеть объемное изображение объектов, как в стереоскопе. С. т. основано на свойстве бинокулярного (стереоскопического) зрения. Изображение объемных объектов на сетчатках правого и левого глаз неодинаково. Чем ближе предмет, тем больше это различие, которое дает возможность оценить расстояние до него. При базе (расстоянии между центрами глаз), равной в среднем 65 *мм*, ощущение удаления и объема существует в диапазоне от 10 *см* до 2000 *м*. С. т. основано на одновременной или последовательной (поочередной), но достаточно быстрой передаче двух изображений — правого и левого при помощи двух камер. База между центрами их объективов может быть сделана значительно больше 65 *мм*, что позволяет усилить стереоскопический эффект удаленных объектов. Правое и левое изображения воспроизводятся в простейшем случае на двух кинескопах. Стереоскопическое изображение рассматривается с помощью стереоскопа так, что правое изображение попадает только в правый глаз, а левое — в левый.

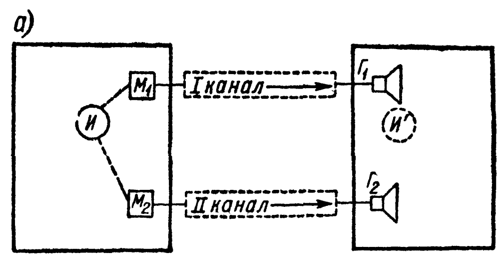
С. т. незаменимо в ряде прикладных задач, например при работе с манипуляторами в помещениях, вредных или опасных для жизни.

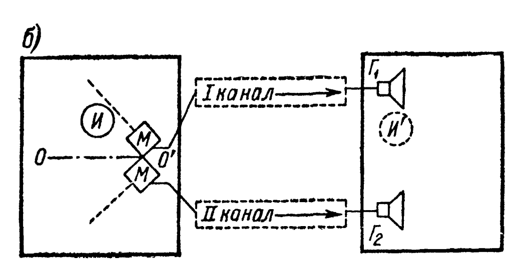
Стереофоническая запись звука — одновременная и взаимно независимая запись электрических сигналов, получаемых с помощью не менее чем двух *микрофонов*. В настоящее время в *стереофоническом вещании* и *звуковом кино* применяется стереофоническая *магнитная запись звука*. Стереофоническая *механическая запись звука* производится на граммофонных пластинках массового производства для воспроизведения в домашних условиях с помощью стереофонического *проигрывателя граммофонных пластинок*.

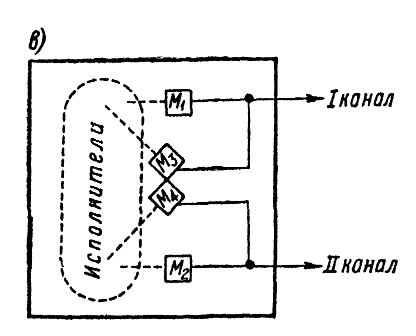
Стереофоническое вещание — двухканальная система *вещания* с сохранением *стереоэффекта*. Получаемый во вторичном *звуковом поле* стереоэффект зависит как от разности времени излучения сигналов *громкоговорителями* правого и левого каналов передачи, так и от разности *уровней* излучаемых сигналов. В соответствии с этим применяются разные системы размещения *микрофонов* в *студии*.

В так называемой системе *АВ* два одинаковых микрофона размещаются в студии на некотором расстоянии друг от друга (см. рис. *а*). Если исполнитель *И* находится на разных расстояниях от одного (M_1) и другого (M_2) микрофонов, то звуковые волны приходят к этим микрофонам в разное время. Сигналы, воспринятые каждым микрофоном, передаются по самостоятельным каналам связи на громкоговорители, находящиеся в помещении прослушивания. Громко-

говоритель $Г_1$ будет получать звуковые колебания раньше другого ($Г_2$). Слушатель воспримет смещение кажущегося источника зву-







ка *И'* в сторону того громкоговорителя, который излучает первым.

В системе, называемой *XY*, два одинаковых микрофона расположены в одной точке, но их полярные характеристики таковы (см. *Направленность источников и приемников звука*), что направления максимальной чувствительности одного и другого микрофонов составляют угол 90° (см. рис. *б*). Если источник звука *И* расположен не на оси симметрии *OO'*, то сигнал, воспринятый одним микрофоном, будет сильнее, чем воспринятый другим. Слушатель воспримет смещение кажущегося источника звука *И'* в сторону того громкоговорителя, который излучает сигнал с повышенным уровнем.

В настоящее время часто применяется смешанная система, содержащая элементы систем *AB* и *XY*. Пример расположения микрофонов в студии при стереофонической передаче показан на рис. *в*. Сигналы, воспринятые микрофонами M_1 и M_3, подаются в правый (*I*) канал передачи, а M_2 и M_4 — в левый (*II*).

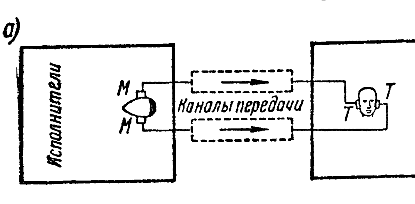
В С. в. по радио два самостоятельных канала связи осуществляются с помощью одного передатчика, работа которого основана на использовании полярной модуляции поднесущей частоты.

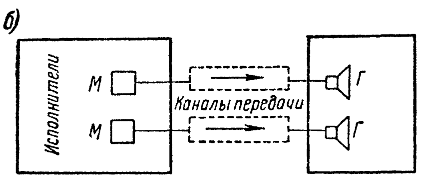
Стереоприемник можно использовать и для приема обычных (монофонических) передач. Для этого радиоприемник имеет специальный переключатель «стерео — моно», отключающий элементы схемы, необходимые для приема стереофонических передач.

С. в. по проводам по методу технического осуществления не отличается от двухпрограммного *проводного вещания*. При приеме стереофонических передач необходимо наличие двух (желательно одинаковых), громкоговорящих устройств В абонентском устройстве имеется переключатель программ.

При приеме стереофонической передачи одно громкоговорящее устройство подключается к первому каналу, другое — ко второму. При отсутствии стереопередачи громкоговорители подключаются к одному из каналов.

Стереофония — электроакустическая передача звука из первичного помещения во вторичное с сохранением *стереоэффекта.* При простейшей системе С. в первичном





помещении устанавливается макет головы с двумя микрофонами *М*, связанными самостоятельными каналами электроакустической передачи с двумя телефонными наушниками *Т*, которыми пользуется слушатель (см. рис. *а*). В этой системе осуществляется «перенос» слушателя в первичное помещение. При громкоговорящей системе С. создается эффект «переноса» первичного звукового поля в помещение слушателя. В первичном помещении устанавливаются специальные стереофонические *микрофоны М*, а во вторичном помещении — *громкоговорители Г* (см. рис. *б*)

Стереоэффект — искусственно создаваемое у слушателя, находящегося во вторичном звуковом поле, впечатление присутствия в первичном поле. С. наблюдается только на части площади вторичного помещения. Размеры площади, в пределах которой создается тот или иной С., существенно зависят от числа каналов Двухканальная стереопередача создает достаточный С. на сравнительно небольшой площади вторичного помещения. Наибольший С. обычно наблюдается на расстоянии порядка $^3/_4$ *базы* от обоих *громкоговорителей.*

Стержневые лампы — приемно-усилительные лампы с *катодом* прямого накала, *сетки* которых не имеют витков, как в обычных лампах, а представляют собой стерженьки (или узкие пластины), расположенные параллельно прямолинейному катоду. Конструкция таких ламп весьма жесткая, что позволяет располагать две плоские параллельные пластинки, играющие роль управляющей сетки, по обе стороны катода, весьма близко к нему. Благодаря этому *крутизна характеристики электронной лампы* получается не меньше, чем в обычных лампах, несмотря на более короткую нить накала; это дает экономию расходования энергии на накал. Траектории электронов, идущих к аноду, сжаты в узкие лучи, что уменьшает ток второй сетки и позволяет работать при небольших напряжениях источника питания анодной цепи.

«Столбы» — паразитные колебания яркости экрана *кинескопа*, образующие нерезкие вертикальные полосы. «С». появляются в результате паразитных колебаний тока, наложенных на *пилообразный ток* строчной *развертки*, что вызывает неравномерную скорость движения луча. В тех местах, где скорость меньше, — яркость больше.

Столетов Александр Григорьевич (1839—1896) — выдающийся русский физик, профессор Московского университета. В 1860 г. окончил физико-математический факультет Московского университета, а затем преподавал в нем теоретическую и экспериментальную фи-

зику. В 1872 г. он создал первую в России университетскую физическую лабораторию, чему предшествовала организация физического кружка, объединившего вокруг С. молодых физиков, впоследствии крупных ученых (Н. А. Умов, Н. Е. Жуковский и др.).

Исследования С. магнитных свойств стали послужили основой для расчета электрических машин. С. первый изучил явление внешнего *фотоэффекта*, установил условия, при которых оно может быть практически использовано, и, по существу, создал первый *фотоэлемент*.

Стохастические процессы — случайные процессы, которые изучаются специальными методами теории вероятностей. К С. п. относятся случайные процессы при передаче сигналов в системах связи, радиолокации, телемеханике, автоматике при наличии помех и шумов.

Стоячая звуковая волна — звуковая волна, при которой амплитуды колебания частиц среды в различных точках различны. С. з. в. образуется при встречном распространении двух синусоидальных звуковых волн, имеющих одинаковую амплитуду, и характеризуется наличием узлов и пучности. Если амплитуда *звукового давления* в каждой из двух звуковых волн, распространяющихся навстречу друг другу, равна P, то в пучности звукового давления С. з. в. она равна $2P$, а в узле $p = 0$. Расстояние от пучности до узла равно четверти длины звуковой волны. Пучность звукового давления совпадает с узлом колебательной скорости частиц среды и наоборот.

Стоячие электромагнитные волны — возникающие при определенных условиях в антеннах, отрезках *длинных линий* и т. п. электромагнитные колебания с характерным распределением амплитуд напряженностей электрического и магнитного полей вдоль антенны (отрезка линии и т. п.), при котором чередуются максимумы и минимумы амплитуд этих полей. С. э. в. возникают, например, когда распространяющаяся вдоль линии *бегущая электромагнитная волна*, созданная переменной э. д. с., в начале отрезка длинной линии отражается от его конца. Если при этом отражение происходит без потерь энергии (без уменьшения амплитуды бегущей волны), то вдоль отрезка линии в противоположных направлениях распространяются две волны одинаковой частоты и амплитуды; их наложение создает С. э. в.

Как и бегущая волны, С. э. в. создает вдоль линии переменное электромагнитное поле, а вместе с тем переменные токи в линии и переменное напряжение между проводами линии. В каждой волне в данной точке линии напряжение изменяется в фазе с напряженностью электрического поля, а ток — в фазе с напряженностью магнитного поля. Но при этом имеется следующее различие между бегущими и С. э. в. В бегущей волне напряжение и ток совпадают по фазе и их амплитуды одинаковы вдоль всей линии (если пренебречь потерями в линии). У С. э. в. напряжение и ток сдвинуты по фазе на 90° и их амплитуды изменяются вдоль линии, достигая в некоторых точках максимума (пучности), а в других — нуля (узлы).

Пучности тока в линии совпадают с узлами напряжения и, наоборот, узлы тока — с пучностями напряжения. Вместе с тем узлы напряжения находятся на расстоянии четверти длины волны от пучности напряжений; иначе говоря, С. э. в. тока и напряжения сдвинуты вдоль линии на четверть длины волны.

Распределение амплитуд С. э. в. вдоль линии зависит от условий отражения бегущей волны у концов линии. В линии с замкнутыми накоротко концами должно устанав-

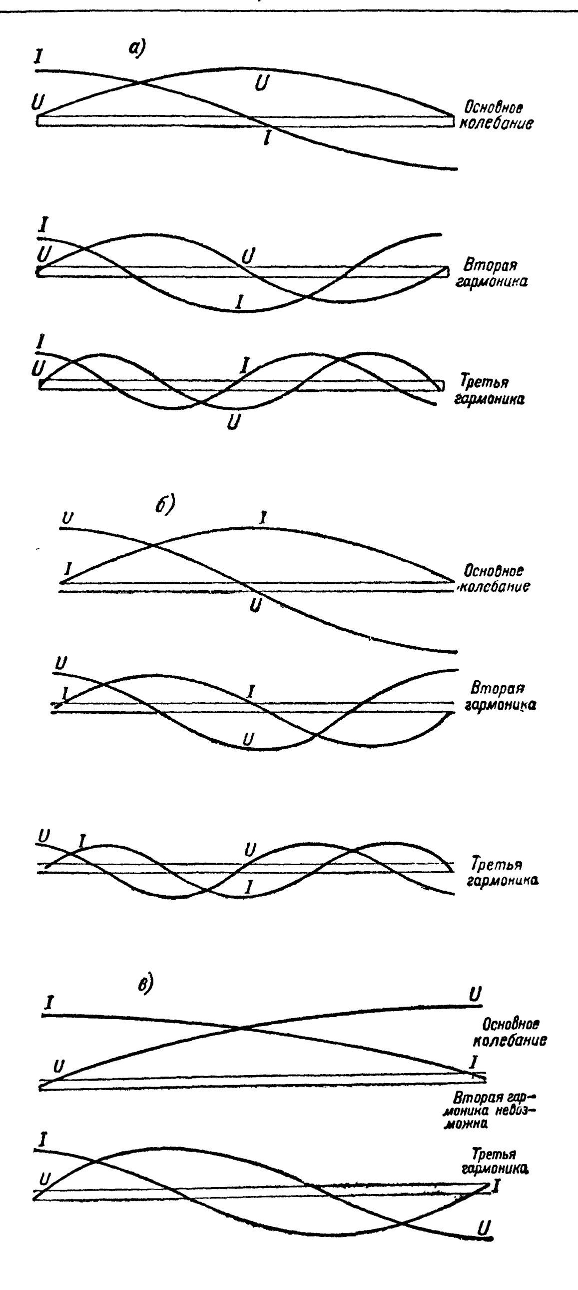
ливаться целое число полуволн (четное число четвертей волны), причем на обоих концах линии образуются пучности токов и узлы напряжений, так как на замкнутых ее концах напряжение равно нулю Распределение амплитуд напряжения и тока для этого случая приведено на рис. *а*. Если концы линии разомкнуты, то в такой линии также должно устанавливаться целое число полуволн, но на концах линии образуются пучности напряжений и узлы токов, так как на разомкнутом конце ток равен нулю (см рис. *б*).

В случае, когда один из концов линии замкнут накоротко, а другой разомкнут, на длине линии должно устанавливаться нечетное число четвертей волн, причем на разомкнутом конце образуются узел тока и пучность напряжения, а на замкнутом — пучность тока и узел напряжения (рис. *в*, левый конец замкнут, правый разомкнут). Если частота внешней э. д. с., действующей на отрезок линии, выбрана так, что указанное условие для распределения амплитуд С. э. в. выполнено, то амплитуды С. э. в. в линии могут достичь максимального значения. Но частоты *собственных колебаний длинной линии* определяются теми же условиями. Таким образом, когда частота питающей линию переменной э д. с. равна частоте одного из собственных колебаний линии, то амплитуды С. э в. могут достичь наибольшего значения

Однако, чтобы амплитуды С. э. в. действительно достигли максимума, надо соблюдать определенные условия включения источника внешней э д. с. в линию Если источник обладает малым внутренним сопротивлением, то он является источником напряжения и его нужно включать в том месте, где для возбуждаемой С. э. в должен возникнуть узел напряжения. Тогда в этом месте будет задано определенное напряжение, примерно равное э. д. с. источника, а во всех других точках линии амплитуда напряжения будет больше, чем в узле (так как в узле напряжения амплитуда напряжения минимальна), и в пучности напряжения эта амплитуда достигнет максимума. Чем дальше от узла напряжения включен такой источник э. д с., тем слабее возбуждаемые С. э в.

Наоборот, если источник внешней э. д. с обладает очень большим внутренним сопротивлением, то его надо рассматривать как источник тока и включать в том месте, где для возбуждаемой С. э. в. должен возникнуть узел тока. Тогда будет задан определенный ток в этой точке, а во всех других точках линии амплитуда тока получится больше, чем в узле (в пучности тока она достигнет максимума) Чем дальше от узла тока включен подобный источник э. д. с., тем слабее возбуждаемые С. э. в. Возрастание амплитуд С э. в. до максимума при совпадении частоты внешней э. д. с. с одной из частот собственных колебаний линии и при соблюдении указанных правил включения источника э д с или тока есть не что иное, как явление *резонанса* в отрезке линии.

Второе из упомянутых условий наступления резонанса в отрезке линии, касающееся места включения источника э д с. или тока, обеспечивает наибольшую отдачу мощности источником в линию В самом деле, у источника напряжения можно считать заданным напряжение на зажимах независимо от тока Поэтому он отдает тем бо́льшую мощность, чем больше отдаваемый им ток, а последний имеет наибольшее значение в пучности тока, т. е. в узле напряжения Наоборот, у источника тока можно считать заданным отдаваемый им ток независимо от напряжения в линии. Такой источник отдает тем бо́льшую мощность, чем больше напряжение между точками, к которым он присоединен, а


а)
I
U
U
Основное колебание
I
I
U
U
Вторая гармоника
I
I
U
I
Третья гармоника
U
б)
U
I
I
Основное колебание
U
U
I
I
Вторая гармоника
U
U
I
U
Третья гармоника
I
в)
I
U
Основное колебание
U
I
Вторая гармоника невозможна
I
Третья гармоника
U
I
U

это как раз получается в пучности напряжения, т. е. в узле тока. (Первое из условий резонанса — совпадение частот внешней э. д. с. и собственных колебаний — обеспечивает отсутствие сдвига фаз между током в линии и напряжением на зажимах источника э. д. с. или между напряжением в линии и током, отдаваемым источником тока.)

Стробирование — метод выделения интервала на оси времени, на шкале частот и т. п. С. используется в *радиолокации* для выделения сигнала от выбранной цели. При этом ширина интервала С. выбирается так, чтобы в него не попадали сигналы от других объектов, обнаруженных *радиолокационной станцией*. В технике *запоминающих устройств* С. *усилителя считывания* позволяет отделить полезный сигнал от помех, которые, как правило, значительно больше полезного сигнала. В электронных устройствах С. реализуется тем или иным видом *схемы совпадения*. На один вход схемы совпадения поступает импульс С. (строб), а на другой вход подается исследуемый сигнал, из которого требуется выделить полезный сигнал.

Стробоскоп — прибор для определения числа оборотов какого-либо вращающегося механизма, основанный на использовании стробоскопического эффекта, который заключается в следующем. Если вращающееся тело освещать короткими вспышками света точно через период вращения тела, то оно будет казаться неподвижным, так как будет освещаться каждой вспышкой в одном и том же положении. Если же период вспышек несколько отличается от периода вращения, то тело будет казаться медленно вращающимся в сторону истинного вращения тела, если частота вспышек несколько меньше числа оборотов тела, и в сторону, противоположную истинному вращению, если частота вспышек несколько больше числа оборотов тела. Подобрав частоту вспышек так, чтобы тело казалось неподвижным, и зная эту частоту, можно определить число оборотов тела. Для получения коротких вспышек переменной частоты в С. обычно применяются газосветные лампы, включенные по схеме, в которой возникают *релаксационные колебания*.

Строка — узкая полоска, прочерчиваемая электронным пучком на *мишени передающей телевизионной* и экране *приемной трубок* при *развертке*.

Структурные схемы — условные схемы систем автоматического регулирования, представленные в виде определенной совокупности *элементарных звеньев*. С. с. позволяют выполнять структурный и динамический анализ систем посредством анализа динамических свойств элементарных звеньев. Преимущество такого метода анализа состоит в том, что он позволяет обобщать выводы для самых разнообразных систем независимо от их конструктивного исполнения и физических свойств отдельных элементов. Для целей анализа С. с. можно размыкать там, где соединяются элементарные звенья направленного действия, и исследовать их в разомкнутом состоянии. Во многих случаях анализ С.с. в разомкнутом состоянии позволяет судить о свойствах и характеристиках системы в замкнутом (рабочем) состоянии.

Студийная аппаратная — помещение, смежное с радиовещательной или телевизионной *студией* и имеющее звукоизолированное окно в студию для наблюдения за ходом передачи. В С а. размещаются *пульт тонмейстера* и высококачественные контрольные *громкоговорители*. Последние предназначены для оценки *тонмейстером* на слух качества звучания, получаемого при передачах вещательной или телевизионной программы из данной студии.

Студия — специальное акустически обработанное и звукоизолированное помещение, предназначенное для исполнения звуковых программ, используемых в системах вещания, телевидения и звуковом кино. Внутренние поверхности С. покрываются специальными звукопоглощающими материалами (для обеспечения требуемого времени *стандартной реверберации*) и звукорассеивающими конструкциями (для создания диффузного *звукового поля* и предотвращения образования стоячих звуковых волн). В С. размещаются *микрофоны*. Радиовещательные С. в зависимости от числа исполнителей N разделяются на большие концертные (N до 140), концертные (N до 75), малые концертные (N до 40), камерные (N до 15), речевые ($N = 2$). В телевизионных С., помимо микрофонов, размещаются *телевизионные камеры*, передающие электрические сигналы изображения, специальная осветительная аппаратура и декорации. Макетно-дикторская С. предназначается для телевизионных передач с простейшим сценическим оформлением, а дикторская — для передач без показа диктора (чтение объявлений). С. звукозаписи аналогичны радиовещательным, а киностудии — телевизионным, но вместо телевизионных камер в них устанавливаются киносъемочные камеры.

Студия телевидения — творческое объединение режиссеров, операторов, дикторов, артистов, художников, музыкантов, инженеров и техников, создающих телевизионные программы и телефильмы. Имеется Центральная С. т. (в Москве) и местные С. т.

Субрефракция — см. *Преломление радиоволн в тропосфере*.

Сужение полосы частот (телевизионного сигнала) — сужение спектра телевизионного сигнала по сравнению со стандартным. С. п. ч. возможно за счет физиологической или статистической избыточности стандартного сигнала. В этих случаях С. п. ч. не сопровождается заметным ухудшением качества изображения — видимости объектов. С. п. ч. возможно также путем замедления передачи, уменьшения числа строк и числа градаций яркости при решении прикладных задач с помощью телевидения.

Пример использования физиологической избыточности — применение *точечного растра*, при котором частота полных кадров снижается вдвое и *спектр сигналов изображения* уплотняется.

Пример использования статистической избыточности — применение импульсно-кодовой модуляции *квантованных видеосигналов* в цифровых телевизионных системах. Здесь используются сравнительно редкие изменения уровня квантованного сигнала, причем вероятность *новых значений видеосигнала* мала и не превышает 0,25—0,30 даже для очень детальных изображений. Применяя неравномерный код Шэннона—Фано, сигналы новых значений можно передавать длинной кодовой комбинацией нулей и единиц, а не новых значений — короткой, например, одним нулем. Выгодно также передавать равномерным кодом новые значения сигнала и длины отрезков между новыми значениями. Число двоичных знаков (нулей и единиц) при передаче кадра может быть при этом уменьшено от двух до восьми раз по сравнению с передачей равномерным обычным кодом. Во столько раз может быть при этом сужена и полоса частот. Выигрыш зависит от сложности изображения.

Пример обмена полосы частот на время передачи кадра — замедленное (однокадровое) телевидение, когда не требуется передавать движение. При этом, как в *фототелеграфии*, можно весьма значительно сузить полосу частот.

С. п. ч. за счет уменьшения числа строк применяется в тех случаях, когда передаются только крупные планы, например в *видеотелефоне* с использованием узкополосных каналов связи. Способы С. п. ч. имеют важное значение в *космическом телевидении*.

Сумматор — основной узел *арифметического устройства* цифровой вычислительной машины, в котором осуществляется сложение многоразрядных чисел. Кроме собственно операции сложения в С. производится суммирование частных произведений; если в арифметическом устройстве предусмотрено выполнение деления, в С. выполняется вычитание делителя из делимого. По принципу работы С. делятся на накапливающие и комбинационные. В накапливающих С. результат остается («накапливается») в самом С., который тем самым выполняет роль запоминающего *регистра*. В С. комбинационного типа результат операции сложения не может сохраняться, и поэтому после цикла сложения сумма передается либо в регистр, либо в *оперативное запоминающее устройство*. По характеру выполнения сложения С. делятся на С. параллельного и последовательного действия. С. параллельного действия состоят из n одноразрядных *полных сумматоров* (где n — число разрядов), объединенных цепью переноса. С. последовательного типа состоят из одноразрядного полного С. и динамического регистра, в котором производится хранение и сдвиг кодов. Одно из слагаемых хранится в динамическом регистре, другое последовательно, разряд за разрядом, подается на вход одноразрядного С. Сложение отрицательных чисел производится путем представления их в обратном или дополнительном коде. С., работающий в обратном коде, должен иметь цепь кругового переноса.

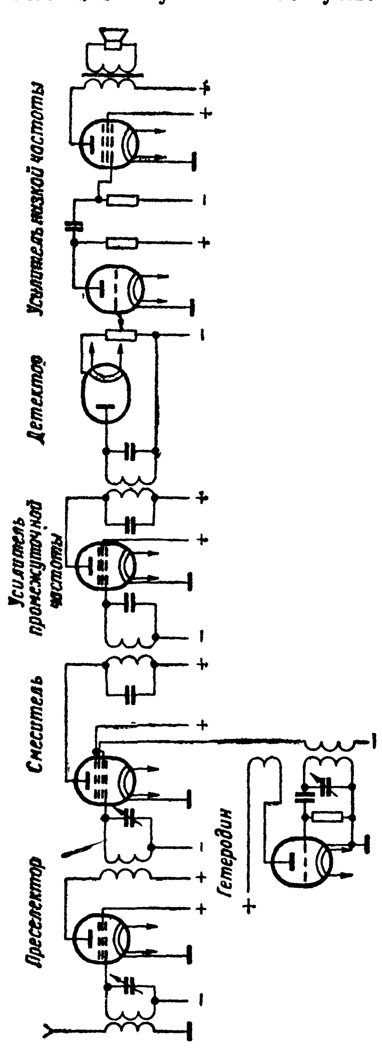
Суммирующее устройство — узел или блок *моделирующей вычислительной машины*, где осуществляется алгебраическое сложение нескольких аналоговых величин. Суммируемые величины перед подачей на вход С. у. должны быть представлены в одном масштабе. Любое устройство, которое производит линейное преобразование каких-либо двух аналоговых величин, может быть использовано в качестве С. у. На практике получили применение механические, электромеханические и электронные С. у. Примером механического С. у. может служить хорошо известный дифференциальный механизм (дифференциал); в качестве электромеханических С. у. широко применялись (и сейчас применяются) линейные потенциометры и линейные вращающиеся трансформаторы. В электронных вычислительных машинах непрерывного действия роль С. у. выполняет *операционный усилитель*.

Супергетеродин — приемник (см. рис.), в котором принимаемые колебания той или иной частоты преобразуются в колебания некоторой фиксированной промежуточной частоты, после чего осуществляется основное усиление сигналов.

Преобразование колебаний происходит в *смесителе*, в котором складываются принимаемые и вспомогательные колебания, создаваемые местным гетеродином. Из этих колебаний благодаря нелинейным свойствам смесителя получаются колебания промежуточной частоты, равной обычно разности (а иногда сумме) частот обоих смешиваемых колебаний. Смеситель вместе с гетеродином называется преобразователем частоты.

При приеме колебаний любой частоты (в пределах диапазона приемника) частота вспомогательных колебаний местного гетеродина подбирается так, чтобы разность частот сигнала и гетеродина оставалась постоянной, т. е. чтобы получались колебания одной и той же промежуточной частоты, на ко-

торую настроены колебательные контуры усилителя промежуточной частоты. Этот усилитель не нужно



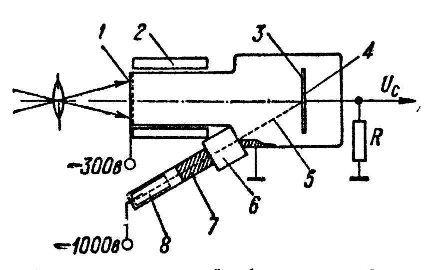
перестраивать при изменении длины принимаемой волны. Для приема колебаний той или иной частоты требуется лишь настроить на эту частоту контуры, находящиеся перед смесителем, и подобрать, как указано выше, частоту вспомогательных колебаний. Так как амплитуда колебаний промежуточной частоты пропорциональна амплитудам обоих смешиваемых колебаний, то модуляция сигнала сохраняется и в колебаниях промежуточной частоты. Поэтому после детектирования колебаний промежуточной частоты получаются колебания низкой частоты, которые затем усиливаются.

Фиксированная промежуточная частота упрощает конструкцию и настройку приемника и позволяет получить гораздо большее усиление, чем в приемниках прямого усиления. Дело в том, что гораздо легче получить большое усиление на одной сравнительно невысокой частоте, чем на разных и обычно более высоких частотах принимаемых сигналов, особенно в случае приема коротких и ультракоротких волн. Кроме того, на двух частотах (сначала на принимаемой, а затем на промежуточной) удается получить гораздо большее усиление, чем только на одной принимаемой частоте, так как уменьшается возможность возникновения *паразитной генерации*. Наконец, при невысокой промежуточной частоте легче можно получить высокую *избирательность радиоприемника*. Причина этого в том, что, во-первых, при преобразовании принимаемых колебаний в колебания более низкой промежуточной частоты относительная расстройка между принимаемой и мешающей станциями увеличивается, а, во-вторых, наличие нескольких колебательных контуров в усилителе промежуточной частоты само по себе повышает избирательность.

Предварительное усиление на частоте сигнала несколько повышает избирательность, а главное устраняет опасность помех на *зеркальной частоте*. Таким образом, С. имеет сравнительно менее сложную настройку и в нем могут быть

достигнуты гораздо большая чувствительность и избирательность, чем в приемниках прямого усиления. Эти преимущества С. делают его наиболее распространенным типом лампового приемника.

Супериконоскоп — передающая телевизионная трубка с накоплением зарядов и переносом электронного изображения. С. явился развитием *иконоскопа*, в котором *мозаика* заменена диэлектрической



1 — полупрозрачный фотокатод; *2* — фокусирующая катушка переноса изображения; *3* — диэлектрическая мишень; *4* — сигнальная пластина; *5* — коммутирующий луч; *6* — отклоняющие катушки; *7* — анод-коллектор; *8* — электронный прожектор.

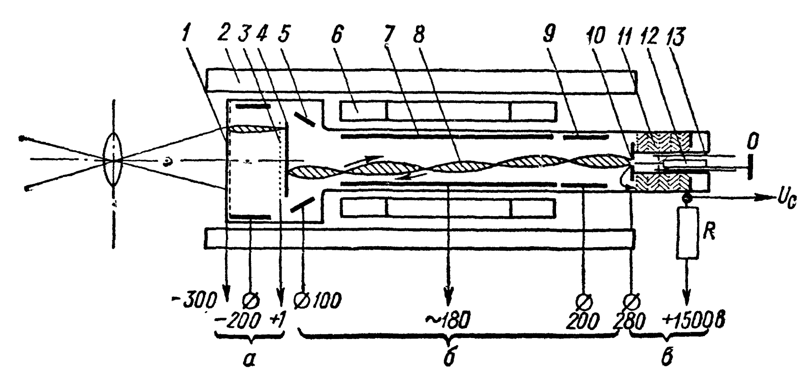
мишенью (см. рис.). *Потенциальный рельеф* образуется на мишени за счет фокусирования на ее поверхность *электронного изображения* с вынесенного полупрозрачного *фотокатода*. *Фотоэлектроны* освобождают из мишени в несколько раз большее количество вторичных электронов. Последние, покидая мишень, накапливают на ней положительные заряды в соответствии с освещенностью различных участков изображения. Так образуется потенциальный рельеф. Сигнал получается в нагрузочном сопротивлении при коммутации мишени пучком быстрых электронов, как в иконоскопе. Благодаря использованию всех фотоэлектронов и вторично-электронному усилению на мишени С. имеет на порядок бо́льшую чувствительность, чем иконоскоп. Однако ему присущи, хотя и в меньшей мере, недостатки последнего: черное пятно и *трапецеидальные искажения*. С. применяется в студийных *телевизионных камерах* и в камерах для передачи кинофильмов.

Суперортикон — передающая телевизионная трубка с переносом *электронного изображения*, двусторонней *мишенью* и внутренним вторично-электронным усилением тока сигнала. С. (см. рис.) состоит из трех секций: переноса (*а*), коммутации (*б*) и усиления (*в*). Электронное изображение фокусируется на поверхность мишени, обращенной к фотокатоду. За счет вторично-электронной эмиссии ($\sigma > 1$) из этой поверхности на ней накапливается *зарядный рельеф*. Накопительной емкостью служит промежуток (10—50 *мк*) между мелкоструктурной сеткой мишени и мишенью. Мишенью служит тонкая (3—5 *мк*) стеклянная пленка, обладающая слабой проводимостью. Коммутирующий луч в режиме медленных электронов доводит потенциал мишени приблизительно до потенциала катода (нуля). При этом в освещенных местах часть электронов коммутирующего луча притягивается положительными зарядами рельефа и оседает на мишени. Благодаря относительно большой емкости между сторонами мишени потенциалы справа и слева на ней почти одинаковы. Оседающие электроны постепенно стекают на другую сторону, компенсируя потери электронов при образовании рельефа.

Избыток электронов при коммутации возвращается приблизительно по тем же траекториям к электронному прожектору, образуя обратный луч. При развертке светлого участка изображения ток обратного луча меньше, чем при развертке темного. При коммутации черного участка обратный ток равен току прямого луча, поскольку за предыдущий цикл развертки потенциал мишени уже был доведен до нулевого значения. Таким

образом, сигнал изображения содержится в модуляции обратного тока.

Возвращающиеся электроны ударяются о диск анода прожектора и освобождают в несколько раз большее количество вторичных электронов. Последние втягиваются полем сетки первого *динода* умножителя жалюзийного типа (см. *Фотоэлектронные умножители*).



1 — полупрозрачный фотокатод; *2* — фокусирующая катушка; *3* — сетка мишени; *4* — двусторонняя мишень; *5* — тормозящий электрод; *6* — отклоняющие катушки; *7* — фокусирующий электрод; *8* — считывающий луч (прямой и обратный); *9* — цилиндр умножителя; *10* — анод электронного прожектора; *11* — диноды умножителя; *12* — подогревный катод; *13* — модулятор; *R* — нагрузочное сопротивление; U_c — выходной сигнал.

Хорошее использование *принципа накопления зарядов* и вторично-электронное усиление обусловили высокую чувствительность С. Порог чувствительности С. составляет десятые и сотые доли люкса, что лишь на один-два порядка хуже, чем в *«идеальной» передающей трубке*. Несмотря на сложность и короткий срок службы, С. является основной передающей трубкой в телевизионных камерах для внестудийного и студийного вещания. При больших освещенностях сигнал С. зависит не только от освещенности данного элемента, но и от освещенности соседних элементов, что делает фон неравномерным (см. *«Черный ореол»*).

Суперпозиция колебаний — наложение нескольких колебаний в одной и той же цепи, при котором они не влияют друг на друга и сохраняют свой характер, так что результат наложения представляет собой сумму всех складывающихся колебаний. С. к. возможна только в *линейных цепях*, свойства которых не изменяются от протекающих токов и которые поэтому по отношению к каждому колебанию ведут себя так же, как и при отсутствии других колебаний. В *нелинейных цепях*. С. к. не имеет места, так как каждое колебание изменяет свойства этих цепей. Например, при наличии в цепи *нелинейной индуктивности* ток, обусловленный одним колебанием, изменяет величину этой индуктивности. Поэтому при наличии других колебаний нелинейная цепь по отношению к данному колебанию ведет себя не так, как при отсутствии других колебаний. Следовательно, в нелинейных цепях результат наложения колебаний не является просто их суммой, а имеет более сложный характер. Одним из типичных примеров нарушения С. к. является получение тона *биений* при детектировании двух близких

по частоте гармонических колебаний.

Суперрефракция — то же, что и сверхрефракция (см. *Преломление радиоволн в тропосфере*).

Суперэмитрон — английское название *супериконоскопа*.

Схема — буквально чертеж, изображающий отдельные элементы прибора, порядка их соединения и т. д. Принципиальная С. — чертеж, на котором условными обозначениями изображены отдельные элементы того или иного прибора и порядок их соединения между собой, но нет указаний о геометрических размерах, размещении и способах крепления деталей и расположении соединительных проводов. Монтажная С. — чертеж, на котором изображены действительное расположение и крепления отдельных элементов прибора, их размеры и расположение всех соединительных проводов. Термин С. часто применяется в более широком смысле. Например, говорят о «сборке С.», о «переделке С.», имея в виду не чертеж, а сам прибор.

Схема Гото — два последовательно соединенных туннельных диода, с максимально одинаковыми вольт-амперными характеристиками. На зажимы *1* и *2* подается потенциал $\pm E$. Входом и выходом С. Г. является средняя точка. При соответственно выбранной величине E С. Г. обладает двумя устойчивыми состояниями. Переключение схемы из одного устойчивого состояния в другое осуществляется малым (по сравнению с E) постоянным напряжением ΔE, подаваемым на среднюю точку. Скорость работы С. Г. очень велика вследствие чрезвычайно малого *времени переключения* туннельных диодов. С. Г. служит основой для построения динамических логических схем, работающих по принципу *мажоритарных элементов* (например, *параметрона*). Для обеспечения направленности потока информации необходимо применять трехфазную систему питания. Обычно в качестве источников питания применяются три генератора синусоидальных колебаний, сдвинутых друг относительно друга на треть периода. С. Г. является также основой всех известных к настоящему времени запоминающих элементов на туннельных диодах. С. Г. предложена профессором Токийского университета Гото; в литературе С. Г. называется также парой Гото.

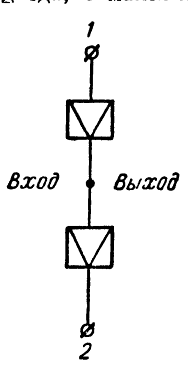


Схема несовпадения — схема, реализующая *логическую функцию* «отрицание равнозначности». Таким образом, функции, выполняемые С. н., обратны функциям, которые выполняет *схема сравнения*. Для двух логических переменных x и y работа С. н. описывается следующей таблицей:

x	y	$x \not\equiv y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

С. н. на два разряда эквивалентна *полусумматору*.

Схема с заземленной сеткой — предложенная М. А. Бонч-Бруевичем схема включения электронной лампы, в которой в отличие от обычных схем не катод, а управляющая сетка соединена накоротко с нулевой точкой схемы (с землей), причем управляющее напряжение вводится между катодом и нулевой

точкой схемы (см. рис.). Усиленное напряжение получается, как обычно, на анодном нагрузочном сопротивлении. С. с. з. с. обладают малой емкостью между анодом и катодом, малым входным сопротивлением и в них значительно ослаблена паразитная обратная связь через междуэлектродные емкости. Поэтому они обеспечивают бóльшую, чем при обычной схеме включения, устойчивость работы усилителя сверхвысоких частот, особенно в случаях, когда нужно обеспечить равномерное усиление в широкой полосе частот.

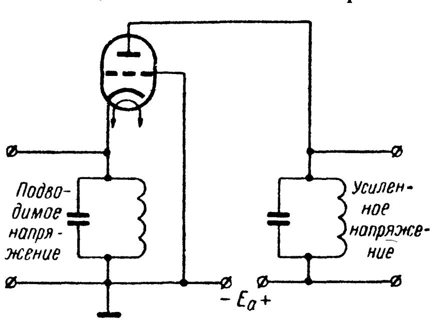
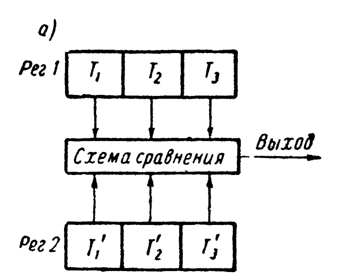


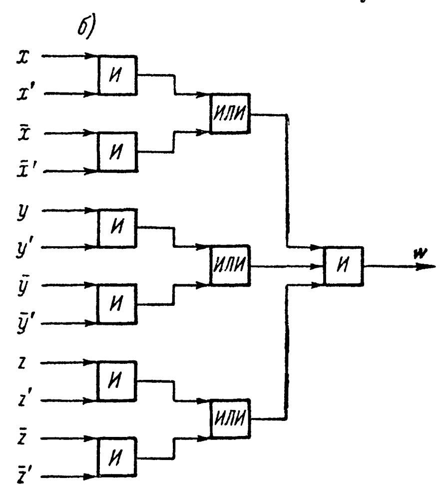
Схема совпадения — 1) схема, реализующая *логическую функцию* «*И*» от двух или более логических переменных. Сигнал на выходе появляется только тогда, когда на всех входах С. с. имеются сигналы, соответствующие коду «1». С. с. на два входа часто называется *вентилем*, клапаном, ключом «*И*» 2) Электронная схема, регистрирующая факт совпадения во времени двух импульсных сигналов.

Схема сравнения — *логическая схема*, предназначенная для регистрации идентичности (равнозначности) кодов, хранящихся в двух регистрах. На рис. *а* изображена С. с. двух трехразрядных кодов, хранящихся в *регистрах Рег. 1* и *Рег. 2*. Логические переменные, соответствующие первому разряду, обозначим *x*, второму — *y*, третьему — *z*. Тогда схема сравнения описывается следующим логическим уравнением:

$$w = (xx' \vee \bar{x}\bar{x}')(yy' \vee \bar{y}\bar{y}') \times (zz' \vee \bar{z}\bar{z}').$$

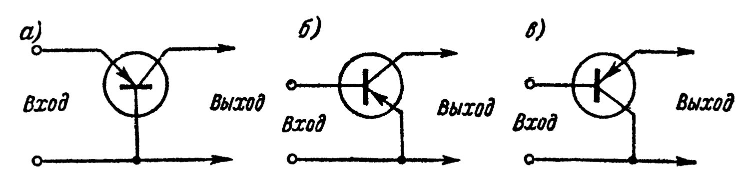
Принципиальная схема, соответствующая этому логическому уравнению, изображена на рис. *б*. С. с. данного типа находят применение, например, в устройствах управления электронных цифровых вычислительных машин. На пульте управления может быть установлен *адрес команды*, на котором машина должна остановиться. С. с. связывает код, установленный на регистре пульта управления, с кодом, находящимся в *счетчике ко-*





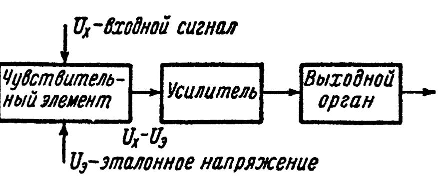
манд. При совпадении указанных кодов сигнал с С. с. подается на исполнительное устройство, обеспечивающее останов машины.

Схемы включения транзистора — разновидности способов включения транзистора в схему каскада. Несмотря на многообразие конкретных схем, использующих транзисторы, в большинстве случаев можно четко выделить у транзистора:



входной электрод, к которому подводится усиливаемый или управляющий сигнал, выходной электрод, с которого снимается усиленный или преобразованный транзистором сигнал, и общий электрод, соединенный с общим, или «заземленным», проводом схемы. При этом любые конкретные схемы удается разделить на три основных класса: схему с общей базой (ОБ), с общим эмиттером (ОЭ) и с общим коллектором (ОК). Такая классификация особенно удобна для усилительных схем. В названии каждой схемы упоминается тот электрод, который одновременно входит в цепь источника усиливаемого сигнала и в цепь нагрузки. Наиболее распространенной на практике является схема с ОЭ (см. рис. *б*), в которой транзистор создает наибольшее усиление мощности, причем одновременно достигается усиление по напряжению и по току. В схеме с ОБ (см. рис. *а*) отсутствует усиление по току, а в схеме с ОК (см. рис. *в*) отсутствует усиление по напряжению. Последнюю схему (с ОК) часто называют эмиттерным повторителем из-за ее сходства с катодным повторителем.

Схемы сравнения (непрерывных величин) — схемы, предназначенные для вычитания двух сравниваемых сигналов, выделения образованной разности и, в некоторых случаях, фиксации момента их равенства. Принципиальная схема С. с. приведена на рис. Чувствительный элемент служит для выделения разностного напряжения между измеряемым и эталонным напряжениями. Усилитель разностного напряжения предназначен для повышения чувствительности устройства. Для повышения чувствительности и стабильности может использоваться обратная связь, охватывающая как всю С. с., так и ее отдельные элементы. Все



С. с. по чувствительности к знаку разностного напряжения делятся на две группы: однозначные и двузначные. Однозначные С. с. реагируют на рассогласование одного знака, двузначные — на рассогласование обоих знаков. Как одни, так и другие могут иметь линейную или релейную характеристику. В современных электронных автоматических устройствах (регуляторах, мостах и т. д.) для построения С. с. находят применение бесконтактные *магнитные модуляторы*, схемы с сравнением магнитодвижущих и электродвижущих сил и т. д. В качестве выходных

органов применяются различные релейные устройства, магнитные, электронные и другие усилители.

Сцениоскоп — передающая телевизионная трубка, аналогичная *супериконоскопу*. От последнего С. отличается тем, что мишень обладает слабой проводимостью.

Счетная схема — см. *Счетчик*.

Счетно-аналитическая машина — цифровая вычислительная машина для обработки больших массивов информации, задаваемой на перфокартах. В состав С. м. входит несколько машин, которые можно разделить на машины для подготовки и предварительной обработки перфокарт; машины для вычислительных операций. К первой группе относятся перфораторы, контрольники, репродукторы, итоговые перфораторы, сортировальные, раскладочные и расшифровочные машины. Перфораторы производят заготовку первичных документов — перфокарт; контроль правильности пробивки осуществляют контрольники; на репродукторах размножают исходный массив перфокарт; сортировочные и раскладочные машины подбирают и классифицируют перфокарты по заданным признакам; расшифровочные машины печатают на самих же перфокартах цифровую или буквенно-цифровую информацию, заданную в виде пробивок. Вторая группа агрегатов С. м. состоит, главным образом, из табуляторов и агрегатированных электронных цифровых вычислительных машин.

На механических и электромеханических табуляторах выполняют сложение и вычитание и очень редко — умножение и деление. Программирование работы С. м. обычно осуществляется набором на коммутационных досках, а также путем агрегатирования. В С. м. все шире внедряются электронные узлы или целые агрегаты (например, электронные табуляторы), что резко повышает скорость работы. С. м. с агрегатированной электронной цифровой вычислительной машиной, по существу, не отличается от обычных вычислительных машин. Отличие, если оно есть, будет заключаться в целевом назначении.

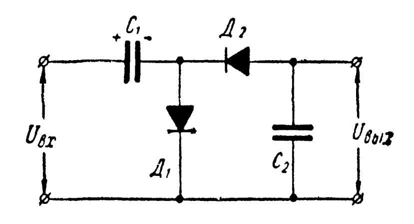
С. м. эффективно используются для механизации учетных работ, управления промышленными предприятиями, в планово-статистических расчетах и т. п. Кроме того, большое количество агрегатов из состава С. м. используются в качестве устройств ввода для электронных цифровых вычислительных машин. С. м. называются также перфорационными или счетно-перфорационными машинами.

Счетно-решающее устройство — то же, что *вычислительное устройство*.

Счетчик — механическое, электромеханическое или электронное устройство для подсчета числа импульсов, поступивших на вход С. Электронные С. обычно работают в *двоичной системе счисления*; основным элементом двоичного С. является *триггер*, работающий по счетному входу. Все разряды С. соединены между собой цепью переноса, как в *сумматорах арифметических устройств*. От быстродействия первого триггера и цепи переноса зависит быстродействие всего С. Для его повышения используют схемы сквозного переноса. С. делятся на накапливающие (или суммирующие) и реверсивные. Реверсивные С. могут работать как на сложение, так и на вычитание. С. находят применение в устройствах управления цифровых вычислительных машин (*счетчик команд*), в устройствах непрерывно-дискретного преобразования, как пересчетные схемы (в измерительной технике, в прикладной электронике, в технике связи).

Счетчик импульсов накопительный — счетчик, основанный на накоплении энергии подсчитываемых импульсов. По технической реализации С. и. н. представлены дву-

мя классами: емкостными и магнитными счетчиками. В первых происходит накопление заряда, сообщаемого емкости входными импульсами; при этом напряжение на емкости растет по ступенчатому закону. Во вторых происходит ступенчатое намагничивание *ферромагнетика.*



Одна из простейших схем С. и. н. емкостного типа представлена на рис. Входные положительные импульсы заряжают конденсатор C_1 (знаки указаны) через прямое сопротивление отпирающегося диода $Д_1$. В паузах между импульсами левая обкладка C_1 оказывается заземленной через выходное сопротивление источника импульсов; отрицательный потенциал правой обкладки запирает $Д_1$ и отпирает $Д_2$. Параллельно C_1 подключается конденсатор C_2; часть своего заряда C_1 отдает C_2. При поступлении следующего импульса вновь отпирается диод $Д_1$, а $Д_2$ запирается; емкость C_1 получает новый заряд, и т. д. В результате отрицательный потенциал верхней обкладки C_2 возрастает по ступенчатой кривой.

Рассмотренная схема составляет один каскад счетчика. Каждый каскад при достижении $U_{вых}$ некоторого порогового уровня запускает разрядное устройство, которое разряжает конденсаторы C_1 и C_2 и посылает в следующий каскад импульс, играющий роль единицы переноса. Пороговый уровень устанавливается такой величины, чтобы сброс произошел, когда число импульсов достигнет основания принятой системы счисления (например, 10 — в десятичных счетчиках).

К недостаткам описанной схемы относится уменьшение по мере счета высоты ступеньки $U_{вых}$; это вызвано тем, что с увеличением $U_{вых}$ увеличивается остаточный заряд C_1, т. е. уменьшается величина заряда, передаваемого конденсатору C_2. Уменьшение высоты ступеньки, в свою очередь, приводит к уменьшению надежности срабатывания разрядного устройства. Этот недостаток устраняется посредством стабилизации зарядного тока C_1, т. е. методами, используемыми в *генераторах линейно изменяющегося напряжения.*

С. и. н., будучи более простыми, чем эквивалентные им по числу импульсов *триггерные счетчики*, могут работать лишь в том случае, если пауза между входными импульсами не превышает определенной величины. В противном случае утечка заряда с накопительной емкости приводит к разрушению хранящейся в счетчике информации.

Счетчик команд — узел в *устройстве управления* одноадресной цифровой вычислительной машины, где содержится *адрес* команды, выполняемой в данный рабочий такт. После выполнения текущей команды адрес новой команды образуется двумя путями: 1) прибавлением единицы к предыдущему адресу (если порядок следования команд естественный); 2) замещением предыдущего адреса другим, который формируется при командах *условного* или *безусловного переходов* и при *переадресациях*. Иногда С. к. называется счетчиком адресов команд.

Счетчики импульсов — устройства, предназначенные для счета числа импульсов, поступающих на их вход. Обычно С. и. строятся из двоичных элементов, обладающих двумя устойчивыми состояниями (ламповых и транзисторных *триг-*

геров, элементов на сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса и др.). Такие С. и. могут работать как в двоичной системе счисления (двоичные С. и.), так и в других системах — десятичной (десятичные С. и.) и т. д.

Переход триггера из одного состояния в другое происходит только при поступлении на его счетный вход импульса отрицательной полярности. На выходе триггера импульс отрицательной полярности создается лишь тогда, когда лампа

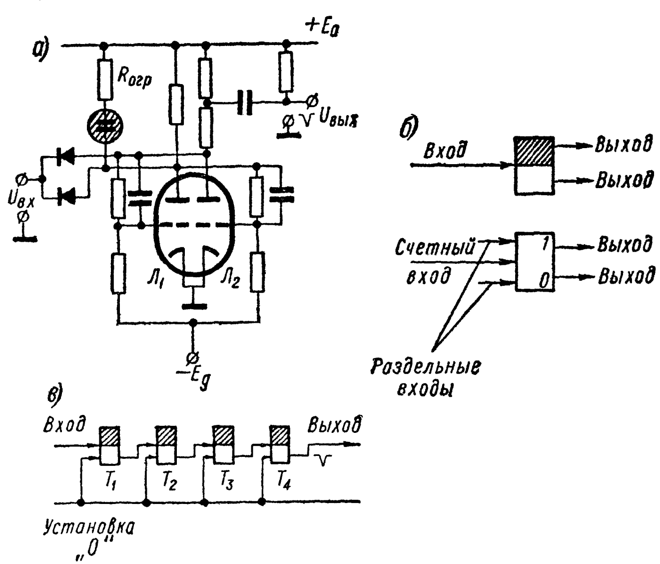


Схема лампового триггера, выполняющего роль двоичного элемента, приведена на рис. *а*. На рис. *б* показаны условные изображения триггера. Будем считать, что триггер находится в положении «0», если выходная лампа $Л_2$, с анода которой снимается выходной сигнал, открыта (анодное напряжение низкое), и, наоборот, триггер находится в положении «1», если лампа $Л_2$ заперта (ее анодное напряжение высокое). Положение триггера — «0» или «1» можно определить с помощью неоновой лампы, подключенной через ограничительное сопротивление параллельно анодной нагрузке лампы $Л_1$; неоновая лампа будет, очевидно, зажжена тогда, когда триггер находится в положении «1». $Л_2$ отпирается и на ее аноде происходит спад напряжения, т. е. когда триггер переходит из положения «1» в положение «0». Если триггер находится в положении «0», то первый входной отрицательный импульс переводит его в положение «1», а второй — снова в положение «0» и при этом на выходе создается отрицательный импульс. Таким образом, при поступлении на вход триггера двух импульсов появляется один импульс на выходе, т. е. триггер осуществляет деление на два числа поступающих на его вход однополярных импульсов. Поэтому говорят, что триггер имеет коэффициент деления числа импульсов, равный двум.

Если на выходе триггера зафиксировано *n* импульсов, то это зна-

чит, что на его вход было подано $N = 2n + a_1$ импульсов, где a_1 равно либо нулю, либо единице в зависимости от того, находится ли триггер (после выдачи n импульсов) в положении «0» или «1».

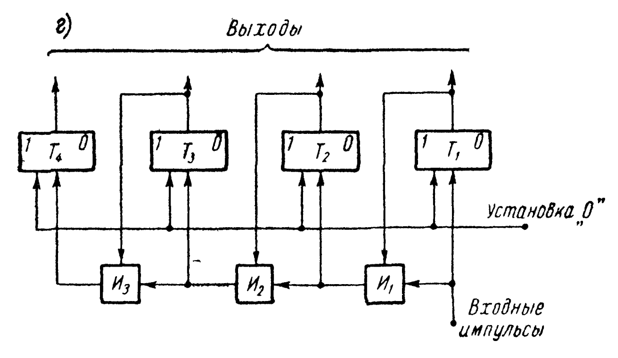
При последовательном соединении триггеров можно получить счетчики с большим коэффициентом деления. Четырехкаскадная схема (см. рис. *в*) обладает коэффициентом деления $k = 2^4 = 16$, т. е. при поступлении на вход 16 импульсов на выходе будет один импульс. Число импульсов, поданных на вход счетчика, можно определить по числу импульсов на выходе и состоянию отдельных триггеров. Если на выходе m-каскадного счетчика, состоящего из m последовательно соединенных триггеров, появилось в течение некоторого промежутка времени n импульсов, то на вход счетчика было подано за этот промежуток времени N импульсов:

$$N = 2^m n + a_m 2^{m-1} + a_{m-1} 2^{m-2} + \dots + a_1 2^0,$$

где a_i ($i = 1, 2, \dots, m$) равно либо нулю, либо единице в зависимости от положения («1» или «0») i-го триггера.

Перед началом счета все триггеры должны быть установлены в нулевое состояние. Для этого обычно подается специальный импульс установки «0» на общую шину, соединенную с сетками (или базами) левых ламп (или транзисторов) всех триггеров; в результате эти лампы (или транзисторы) запираются, а правые — выходные лампы (транзисторы) отпираются, т. е. все триггеры оказываются в состоянии «0».

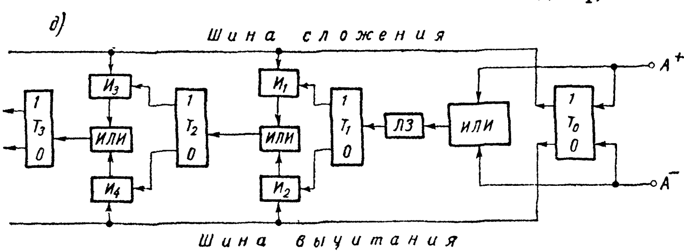
Недостатком рассмотренного счетчика является малое быстродействие, обусловленное тем, что импульсы переноса передаются последовательно через триггерные ячейки счетчика. Для повышения быстродействия используются схемы счетчиков с параллельной передачей единиц переноса. Вариант схемы такого счетчика показан на рис. *г*; в этой схеме используются логические схемы совпадения «И» для обеспечения параллельного переноса. Пусть, например, к моменту поступления очередного входного импульса триггеры T_1 и T_2 находились в положении «1», а триггер T_3 — в положении «0». Входной импульс поступает одновременно на вход T_1 и на схему совпадения $И_1$. Так как с выходов триггеров T_1 и T_2 подаются высокие потенциалы на $И_1$ и $И_2$, то входной импульс проходит через $И_1$ и $И_2$ на счетный вход T_3 и переводит триггер T_3 в положение «1». Одновременно этот импульс переводит в положение «0» триггеры T_1 и T_2. Состояние триггера T_4 не меняется.



Таким образом показание счетчика увеличено на единицу. Цепь параллельного переноса единиц обладает весьма малой задержкой, что и обусловливает высокую скорость работы счетчика.

Рассмотренные счетчики называются суммирующими, так как они работают в направлении сложения входных импульсов.

Вычитающий счетчик — это счетчик, работающий в направлении вычитания импульсов. Построение такого счетчика несложно: достаточно счетный вход лампового (или транзисторного) триггера подключить к аноду (коллектору) не правой, а левой лампы (транзистора) предыдущего триггера. При этом запускающий импульс (импульс переноса) получается при переходе триггера из состояния «0» в состояние «1».



На рис. *д* приведен пример схемы реверсивного счетчика, который может работать и в направлении сложения, и в направлении вычитания. Соединение ячеек для работы в том или ином направлении осуществляется с помощью логических элементов. Счетчик имеет два входа: A^+ и A^-. Импульсы, поступающие на вход A^+, складываются, а на вход A^-, — вычитаются (при этом предполагается, что импульсы серии A^+ сдвинуты во времени относительно импульсов серии A^-).

Триггер T_0 — управляющий, с раздельным запуском. Первый входной импульс серии A^+ устанавливает триггер T_0 в положение, когда на шине сложения имеется высокий потенциал (т. е. на входы схем $И_1$, $И_3$, ... подан разрешающий потенциал и эти схемы открыты для передачи импульсов), а на шине вычитания — низкий потенциал (т. е. схемы $И_2$, $И_4$, ... заперты). Тот же первый импульс A^+ поступает через схему *ИЛИ* и линию задержки *ЛЗ* на счетный вход триггера T_1. Если триггер T_1 был в положении «1», то он перейдет в положение «0», и на верхнем выходе создается импульс (или перепад напряжения), изображающий единицу переноса; последний проходит через схемы $И_1$, *ИЛИ* на вход T_2. Если триггер T_1 был в положении «0», то он перейдет в положение «*1*», и на верхнем выходе T_1 импульса переноса не создается; импульс переноса создастся на нижнем выходе T_1, но он не поступает на вход T_2, так как схема совпадения $И_2$ заперта.

Таким образом, при поступлении первого импульса A^+ верхний ряд схем совпадения $И_1$, $И_3$, ... соединяют триггеры реверсивного счетчика точно так, как они соединяются в обычном суммирующем счетчике. При подаче импульса серии A^- схемы $И_2$, $И_4$, ... соединяют триггеры реверсивного счетчика так, как они связаны в вычитающем счетчике. Линия задержки *ЛЗ* задерживает срабатывание триггера T_1 до поступления на шины сложения и вычитания управляющего напряжения с выходов триггера T_0.

Считывание (рельефа) — процесс получения сигнала при раз-

вертке *зарядного* (и *потенциального*) *рельефа* на мишени *передающей телевизионной* и *накопительной трубок*.

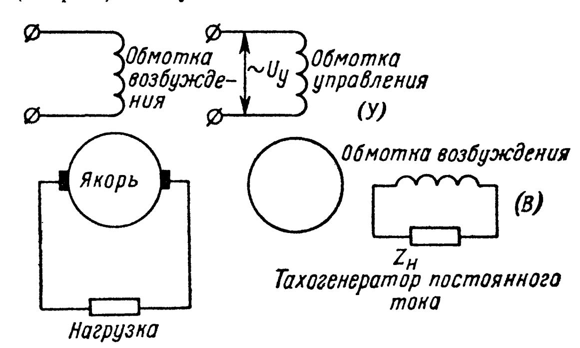
Т

Тайпотрон — специальная *знаковая электронно-лучевая трубка*, представляющая собой комбинацию *характрона с потенциалоскопом* видимого рельефа. Т. позволяет запомнить отображаемую трубкой информацию и воспроизводить ее на большом экране неограниченно долгое время.

Татаринова антенна — одна из первых разновидностей *синфазных антенн*, разработанная советским ученым В. В. Татариновым.

Тахогенераторы — небольшие генераторы постоянного или переменного тока с независимым возбуждением (см. рис.). Возбуждение может осуществляться постоянными магнитами или обмотками возбуждения. У Т. постоянного тока поток возбуждения остается неизменным, и поэтому напряжение, снимаемое с его щеток, пропорционально скорости вращения его вала. При изменении направления вращения меняется полярность выходного напряжения. Э. д. с. и выходное напряжение Т. постоянного тока пропорциональны угловой скорости вращения.

Т. переменного тока (асинхронные) имеют полый ротор и статор с двухфазной обмоткой. К одной из статорных обмоток подводится постоянное по амплитуде и частоте напряжение $U_у$. Вторая обмотка (*В*) замкнута на внешнее нагрузочное сопротивление $Z_н$. Создаваемый обмоткой *У* переменный магнитный поток пересекает ротор. Если ротор неподвижен, то в нем наводится только трансформаторная э. д. с., создающая токи и поток, направленные по оси обмотки *У*. По оси обмотки *В* неподвижного ротора магнитного поля не будет. При вращении в роторе наводится э. д. с., которая создает токи и магнитный поток, зависящие от скорости вращения ротора. Под действием последнего магнитного потока в обмотке *В* наводится э. д. с., пропорциональная скорости вращения ротора. Т. переменного тока обладают амплитудными и фазовыми погрешностями, зависящими от характера нагрузки обмотки *В* и стабильности частоты источника питания. Выходное напряжение Т. переменного тока состоит из двух составляющих: синфазной и квадратурной. Первая на-



Тахогенератор постоянного тока

Тахогенератор постоянного тока

ходится в фазе с напряжением источника питания обмотки *У*, а вторая смещена на 90°. Т. находят самое широкое применение как стабилизирующие и измерительные устройства в системах автоматического управления.

Твердые выпрямители — см. *Полупроводниковые выпрямители.*

Твердые схемы — микроминиатюрные радиоэлектронные схемы, работа которых основана на использовании различных эффектов, имеющих место в твердом теле. Наиболее широкое распространение получили полупроводниковые Т. с. (германиевые и кремниевые). Различные изделия из феррита с прямоугольной петлей гистерезиса, применяющиеся в бесконтактной автоматике и особенно в технике *запоминающих устройств* (как, например, ламинарные ферритовые накопители или ферритовые платы с большим количеством отверстий), могли бы, строго говоря, также называться Т. с., но в настоящее время под Т. с. понимаются исключительно полупроводниковые Т. с. Последние представляют собой блок (пластинку) из кремния или германия, на которой методами полупроводниковой технологии образованы зоны, выполняющие функции активных и пассивных элементов. Одни из подобных зон (активные) выполняют роль транзисторов и диодов, другие (пассивные зоны) — сопротивлений, емкостей и индуктивностей. Электрические соединения между зонами, необходимые для создания конкретной Т. с., осуществляются либо напылением проводников через трафареты, либо путем термокомпрессии или каким-либо иным методом. Различают два вида Т. с.: интегральные и функциональные, или молектронные. В интегральных Т. с. каждый элемент выполняет одну, строго определенную, функцию. В молектронных Т. с. (см. *Молектроника*) не представляется возможным указать отдельные элементы (зоны), соответствующие эквивалентной принципиальной схеме, и работа такой Т. с. может оцениваться только по конечному результату и по функциям, исполняемым молектронной Т. с.

Техника Т. с. позволяет резко уменьшить размеры радиоэлектронной аппаратуры по сравнению с аналогичной аппаратурой на обычных полупроводниковых приборах. Т. с. в основном применяются в технике электронных цифровых вычислительных машин, позволяя создавать малогабаритные и надежные машины, потребляющие ничтожные количества энергии. Т. с. широко используются в военной и космической технике. Они также используются для создания коммерческой аппаратуры, например в системах электронных автоматических телефонных станций.

Твистор — магнитный запоминающий элемент, представляющий собой участок предварительно скрученной проволоки из магнитного сплава, вокруг которой намотана одна или две катушки. При пропускании тока по проволоке создается поле, перпендикулярное ее оси. Катушки же образуют поле вдоль оси. Суммарное действие этих полей создает в проволоке остаточную намагниченность, которая распределена на цилиндрической поверхности проволоки, образуя пространственную спираль. В зависимости от того, правая или левая эта спираль, в элементе можно записывать и хранить нуль или единицу. При считывании изменяется направление намагниченности, и на концах проволоки, из которой изготовлен Т., возникает э. д. с., являющаяся сигналом считывания.

Текнетрон — фирменное название конструктивной разновидности *канального транзистора.*

Телевидение — передача по радио кинофильмов, театральных постановок, спортивных соревнова-

ний, хроники и т. п., составляющих содержание телевизионных программ. Т. основано на *телевизионной технике* и технике звукового *радиовещания*. Телевизионное вещание началось в 1937—1939 гг. в СССР, Англии, США и Германии. Т. стало массовым средством распространения информации.

Телевизионная испытательная таблица — специальное изображение с мирами, градационным клином, кругами и квадратами для проверки *разрешающей способности*, числа воспроизводимых градаций яркости и геометрических искажений в *телевизионных камерах, телевизорах и видеоконтрольных устройствах*. Передача изображения Т. и. т. используется для настройки телевизоров.

Телевизионная камера — входной блок телевизионной системы, преобразующий оптическое изображение в электрический сигнал — видеосигнал. Т. к. содержит объектив, *передающую трубку*, фокусирующую и отклоняющую систему, предварительный *видеоусилитель*, цепи *развертки* и питания, поворотный и фокусирующий механизмы. Студийные Т. к. размещаются на специальных тележках и соединяются с аппаратной гибким многожильным кабелем, содержащим коаксиальные пары, пропускающие широкополосный видеосигнал. В студийных и репортажных Т. к., обслуживаемых оператором, имеется электронный или оптический *видоискатель*. Для смены плана (масштаба) служит вращающаяся турель с тремя или четырьмя объективами, или объектив с переменным фокусным расстоянием («резиновая оптика», вариофокальный объектив).

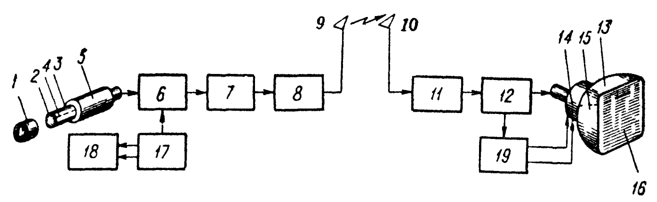
В телевизионных системах промышленного и специального назначений Т. к. работают без оператора. Поворот оптической оси, фокусировка, установка диафрагмы, выбор объектива или масштаба осуществляются дистанционно с пульта управления *видеоконтрольного устройства*. Конструкция Т.к. зависит от назначения и условий работы, которые могут потребовать герметизации, охлаждения, малых габаритов, виброустойчивости и т. п.

Телевизионная техника — совокупность средств и методов для передачи движущихся изображений. Т. т. основана на тех же принципах, что и передача и прием плоских неподвижных черно-белых (одноцветных) изображений. Любое такое изображение можно составить из достаточно большого числа «точек» — элементов изображения различной *яркости* наподобие мозаики. Опыт показал, что увеличение числа элементов сверх 500 000 и числа градаций яркости сверх 50—60 не сопровождается заметным улучшением четкости и качества изображения, если рассматривать его невооруженным глазом на оптимальном расстоянии от экрана. Впечатление движущегося изображения получается, как в кино, путем передачи 16—25 кадров в секунду.

Функциональная схема телевизионной системы изображена на рис. Оптическое изображение передаваемой сцены фокусируется объективом на светочувствительную поверхность *передающей телевизионной трубки*. Благодаря *фотоэффекту* (фотопроводимости или *фотоэлектронной эмиссии*) световое изображение преобразуется в *зарядный* или *потенциальный рельеф* на *мишени* трубки. Более освещенные места приобретают больший заряд. Узкий электронный луч движется по мишени, обегая ее *строка* за строкой за время передачи одного кадра. Движение луча осуществляется с помощью изменяющихся магнитных полей, создаваемых отклоняющими катушками, по которым протекают соответственно изменяющиеся отклоняющие токи. Процесс обхода всех элементов потенциального рельефа

на мишени называется *разверткой изображения*. Электроны считывающего луча последовательно разряжают накопленные на мишени заряды. Ток разряда, пропорциональный освещенности каждого элемента, образует на выходе трубки *сигнал изображения*. Таким образом передающая трубка преобразует оптическое изображение в электрические сигналы, усиливаемые в *видеоусилителе* и поступающие на *модулятор*. Модулированные колебания излучаются антенной радиопередатчика.

Синхронизация развертки осуществляется с помощью специальных коротких синхронизирующих импульсов. Эти импульсы управляют моментом начала движения по строкам и кадру, запуская генераторы *пилообразного тока* строчной и кадровой разверток передающей трубки. Одновременно эти же импульсы посылаются по каналу связи в конце передачи каждой строки и каждого кадра. В интервалах *обратного хода луча* строчной и кадровой разверток лучи передающей и приемных трубок



1 — объектив; *2* — светочувствительная поверхность; *3* — передающая трубка; *4*, *15* — электронный луч; *5*, *14* — отклоняющие катушки; *6*, *12* — видеоусилитель; *7* — модулятор; *8* — радиопередатчик; *9* — передающая антенна; *10* — приемная антенна; *11* — радиоприемник; *13* — приемная трубка; *16* — экран приемной трубки; *17* — генератор синхронизирующих импульсов; *18*, *19* — генераторы отклоняющих токов.

На выходе радиоприемника после детектора получаются сигналы той же формы, как и в передающей трубке. Усиленное напряжение сигнала поступает на *модулирующий электрод приемной телевизионной трубки*. При сигнале светлого элемента ток луча приемной трубки увеличивается. Пропорционально увеличивается яркость пятна на экране трубки, *покрытом люминофором*. Записывающий луч приемной трубки движется по экрану (развертывается) в том же порядке, в каком движется считывающий луч передающей трубки. *Синхронизация* развертки в приемной трубке обеспечивает правильное положение записывающего пятна на экране в каждый момент времени. Вследствие инерции зрительного ощущения все элементы изображения видны одновременно.

запираются, сигналы изображения не возникают и по каналу связи передаются импульсы синхронизации. В телевизионном приемнике (*телевизоре*) эти импульсы отделяются от сигналов изображения и независимо управляют генераторами развертки. Сигналы изображения несут информацию только о яркости каждого элемента. Координаты элементов не передаются. Правильность их расположения обеспечивается синхронной разверткой.

Телевизионная передача требует большого быстродействия. Число строк z, по стандарту телевизионного вещания, принято равным 625. *Частота кадров* $n_к = 25$ кадров в 1 *сек*. Число элементов $N = Kz^2$, где K — отношение ширины кадра к его высоте ($K = 4:3$). Поэтому число передаваемых эле-

ментов в секунду равно $Nn_к = 12\,000\,000$, а время передачи одного элемента $\tau = 1/Nn_к \approx 0{,}08 \cdot 10^{-6} = 0{,}08$ *мксек*. Столь большое быстродействие могло быть осуществлено только с помощью электронно-лучевых приборов — трубок. Впервые предложил использовать для телевидения *электронные лучи Б. Л. Розинг* (1907 г., Петербург).

Сигналы изображения занимают очень широкую полосу частот (от нуля до $F_м = 0{,}5\ Nn_к \approx 6$ *Мгц*). Такие сигналы можно передавать лишь в диапазоне ультракоротких и более коротких волн. Из-за особенностей распространения таких волн радиус действия телевизионных радиопередатчиков немногим превышает расстояние прямой видимости между передающей и приемной антеннами. Передача на бóльшие расстояния ведется посредством ретрансляции — по широкополосным *радиорелейным* (или кабельным) *линиям связи*. *Ретрансляция телевизионных передач* осуществляется также с помощью искусственных спутников Земли.

Телевизионные автоматы — автоматические устройства, в которых первичная информация поступает с помощью *телевизионной камеры*, служащей «глазом» автомата. В отличие от телевизионной системы, Т. а. не воспроизводят изображения на приемном экране. Сигналы, образуемые телевизионной камерой, обрабатываются специальными схемами и поступают в счетно-решающее устройство автомата. Действие автомата зависит от содержания оптического изображения в его поле зрения в соответствии с поставленной задачей. Важнейшая особенность Т. а. заключается в возможности отбора, опознания определенных объектов по их размерам, форме, положению, контрасту, цвету и т. д., т е. в возможности автоматического *опознания образов*.

Типичными примерами Т. а. служат: читающая машина с телевизионной передающей трубкой или *камерой с бегущим лучом*, устройства для быстрой обработки фотографий следов элементарных частиц в пузырьковых камерах, различные сортирующие устройства, *телевизионные микроскопы* для быстрого автоматического анализа крови, устройства слежения за определенной звездой для задач астронавигации, дистанционное бесконтактное измерение размеров деталей, поковок, проката с целью автоматического контроля и регулирования размеров, и т. п. Главным достоинством Т. а. является их быстродействие, намного превосходящее возможности человека. Т. а. быстро развиваются и сыграют большую роль в автоматизации производства и научных исследований.

Телевизионный канал — полоса частот шириной 8 *Мгц*, отводимая для передачи телевизионной программы в диапазоне метровых и дециметровых волн. Распределение каналов в СССР приведено в таблице:

Номер канала	Несущая частота изображения, *Мгц*	Несущая частота звука, *Мгц*
1	49,75	56,25
2	59,25	65,75
3	77,25	83,75
4	85,25	91,75
5	93,25	99,75
6	175,25	181,75
7	183,25	189,75
8	191,25	197,75
9	199,25	205,75
10	207,25	213,75
11	215,25	221,75
12	223,25	229,75

В диапазоне дециметровых волн (470—1000 *Мгц*) располагаются еще 66 Т. к. по 8 *Мгц* в каждом.

В 13-м Т. к. $f_{из} = 471,25$ *Мгц* и $f_{зв} = 477,75$ *Мгц*. В любом последующем, n-м канале $f_{из} = 471,25 + 8\,(n - 13)$ *Мгц*; $f_{зв} = 477,75 + 8\,(n - 13)$ *Мгц*.

Телевизионный микроскоп — объединение микроскопа с телевизионной камерой. В Т. м. сильно увеличенное оптическое изображение фокусируется на *фотокатод передающей телевизионной трубки*. В другом варианте Т. м., аналогичном *камере с бегущим лучом*, растр с экрана *просвечивающей трубки* проектируется объективом микроскопа на объект с большим уменьшением. Т. м. может работать в ультрафиолетовых лучах, что дает бóльшую *разрешающую способность*, чем обычный микроскоп. Т. м. используется для учебных и научных целей, избавляя наблюдателя от необходимости смотреть в окуляр, а также в *телевизионных автоматах*.

Телевизионный стандарт — совокупность стандартизованных параметров, необходимая для согласованной работы телевизионных передающих и приемных устройств. В СССР принят Т. с. (ГОСТ 7845-55) на вещание черно-белого телевидения со следующими основными параметрами: номинальное *число строк* — 625; число *активных строк* — 575—579; *формат изображения* — 4 : 3; развертка — чересстрочная; направление развертки — слева направо и сверху вниз; *частота строк* — 15 625 *гц* ± 0,05%; *частота полей* — 50 *гц*; *частота кадров* — 25 *гц*; разнос несущих частот изображения и звука — 6,5 *Мгц*; модуляция несущей изображения — амплитудная с фиксированным *уровнем черного*, несущей звука — частотная с девиацией ± 50 *кгц*; полярность модуляции несущей изображения — негативная; уровень черного 75 ± 2,5% от пикового значения несущей; минимальный *уровень белого* — 12,5 ± 2,5% пикового значения; мощность излучения несущей звука составляет 25—50% от пиковой мощности, излучаемой при передаче вершин *импульсов синхронизации*. Кроме того, Т. с. определяет форму импульсов синхронизации. Т. с. нормализует также распределение *телевизионных каналов*.

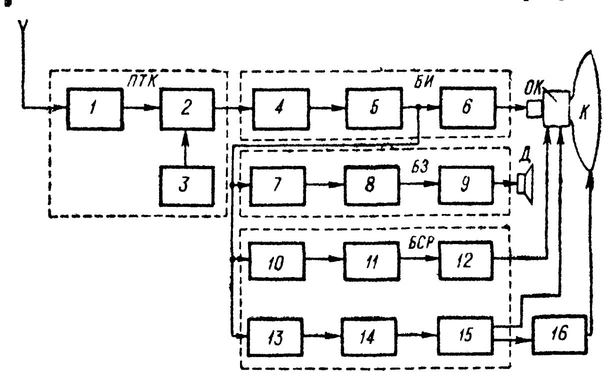
Телевизионный телескоп — объединение телескопа с телевизионной камерой. Т. т. обладает следующими преимуществами: дает возможность дистанционного наблюдения одновременно многим лицам, обеспечивает наблюдения более слабых звезд благодаря использованию передающих трубок большой чувствительности, позволяет вести наблюдения в инфракрасном и ультрафиолетовом свете. В Т. т. имеется также возможность автоматической стабилизации изображения за счет применения следящей системы. Т. т. незаменим при размещении телескопов на космических объектах.

Телевизионный трансляционный узел — совокупность устройств для передачи телевизионных программ по проводам. Прием, основная настройка и усиление производятся в приемном пункте, а от него по *высокочастотному каналу* передаются абонентам сигналы изображения и звука, которые воспроизводятся абонентскими просмотровыми устройствами (телевизионные трансляционные точки). Абонентское устройство имеет приемную телевизионную трубку и не более четырех электронных ламп. Такая телевизионная точка значительно дешевле обычного телевизора и проще в эксплуатации. Т. т. у. особенно удобны и экономически выгодны в гостиницах, общежитиях, многоквартирных домах и т. д. Радиолюбителями разработано несколько конструкций Т. т. у., способных обслужить от 5 до 60 абонентских просмотровых устройств.

Телевизионный центр (телецентр) — комплекс зданий и оборудования для создания и передачи

телевизионных программ. В состав Т. ц. входят *телевизионные студии* со своими аппаратными, центральная аппаратная, помещения и пульты режиссеров и звукооператоров, аппаратные для передачи кинофильмов и консервации телевизионных программ с помощью *видеомагнитофонов* и киносъемки, установки для кондиционирования воздуха, радиопередатчики сигналов изображения и звука, башня с передающими антеннами и антеннами для приема сигналов от *передвижных телевизионных станций*. В состав Т. ц. входят также декорационные, костюмерные, артистические и другие вспомогательные помещения. Программный Т. ц. соединен *радиорелейными* (и кабельными) *линиями связи* с другими Т. ц., благодаря чему способен транслировать их программы и передавать свои программы в междугородную и международную сети телевизионного вещания.

Телевизор (телевизионный приемник) — устройство для приема сигналов изображения и звука (телевизионных программ).



Упрощенная блок-схема телевизора: *1* — усилитель высокой частоты; *2* — смеситель; *3* — гетеродин; *4* — усилитель промежуточной частоты; *5* — детектор; *6* — видеоусилитель; *7* — усилитель промежуточной частоты звука; *8* — ограничитель и частотный детектор звука; *9* — усилитель звуковой частоты; *10* — селектор кадровых импульсов синхронизации; *11* — блокинг-генератор кадровой развертки; *12* — выходная ступень пилообразного тока кадровой развертки; *13* — селектор строчных импульсов синхронизации; *14* — блокинг-генератор строчной развертки; *15* — выходная ступень пилообразного тока строчной развертки; *16* — высоковольтный выпрямитель импульсов напряжения строчного трансформатора (во время обратного хода развертки) для питания анода кинескопа; *ПТК* — переключатель ТВ каналов; *БИ* — блок изображения; *БЗ* — блок звукового сопровождения; *БСР* — блок синхронизации и развертки; *К* — кинескоп; *ОК* — отклоняющие катушки; *Д* — динамический громкоговоритель.

Упрощенная блок-схема Т. изображена на рис. Для современного Т. характерно использование в качестве промежуточной частоты звука разности несущих частот сигналов изображения и звука (6,5 *Мгц*). Несущая изображения никогда не снижается ниже 12,5% пикового значения при передаче *уровня белого*. Она служит высокостабильным *гетеродином* для приема звуковых сигналов. Использование отдельного усилителя промежуточной частоты звука, которая получается после гетеродина Т., требует весьма высокой и трудно

осуществимой стабильности гетеродина.

Т. выпускаются трех классов: третий класс — с кинескопами 35 *см* по диагонали экрана (угол отклонения 70°); второй класс — с кинескопами 43 и 47 *см*; первый класс — с кинескопами 53 и 59 *см* (углы отклонения 110°). Т. первого и второго классов обладают повышенными показателями по четкости изображения, помехоустойчивости, селективности. В Т. этих классов находят применение *автоматическая регулировка усиления*, *инерционная* (помехоустойчивая) *синхронизация* строчной развертки, автоматическая регулировка *контрастности* изображения, стабилизация (фиксация) *уровня черного* (см. *Фиксирующие схемы)* и размеров изображения, а также дистанционное управление. Все Т. имеют, как правило, блочную структуру. В них широко применяются *печатные схемы*. Большинство блоков унифицировано, что позволяет выпускать их на специализированных предприятиях. Современные унифицированные Т. (УНТ) отличаются друг от друга, главным образом, внешним оформлением и расположением органов управления.

В последнее время разработаны портативные переносные Т. с кинескопами 13, 18 и 23 *см*, полностью на транзисторах, с питанием от батарей или аккумуляторов.

«Телеграфия и телефония без проводов» («Т. и т. б. п.») — первый советский радиотехнический журнал, издававшийся Нижегородской радиолабораторией под редакцией проф. В. К. Лебединского. Этот журнал сыграл большую роль в развитии советской радиотехники. Публиковавшиеся в нем оригинальные работы советских радиоспециалистов заложили основу ряда важных направлений в теоретической радиотехнике и способствовали успешному решению многих сложных проблем. «Т. и т. б. п.» являлся летописью советской радиотехники, широко отражал плодотворную деятельность Нижегородской радиолаборатории, сотрудники которой составляли его основной авторский коллектив.

Телеграфная азбука — условные телеграфные сигналы, соответствующие буквам, цифрам и другим знакам обычного текста. Наиболее распространена азбука (код) Морзе, составленная из сочетания коротких («точки») и длинных («тире») сигналов.

Телеграфная манипуляция — управление радиотелеграфным передатчиком при передаче телеграфных сигналов.

Телеграфные коды — система кодов, у которых каждой букве или знаку соответствует определенная комбинация электрических импульсов. Наиболее известными Т. к. являются коды Морзе и Бодо. В коде Морзе элементами являются: «точка» — короткая посылка тока, «тире» — втрое более длинная посылка, и пауза. В коде Бодо элементами служат посылки одинаковой длины и паузы, или посылки одинаковой длины, но разной полярности. Все комбинации кода Бодо имеют пять знаков, поэтому такой код называют равномерным пятизначным кодом. В этой системе кода каждая буква алфавита представляется комбинацией из пяти элементарных двоичных сигналов (различных сочетаний единиц и нулей, причем посылка соответствует единице, а пауза — нулю). Из пяти двоичных знаков (посылок и пауз) можно составить 32 различных комбинации. Для представления цифр и знаков в аппаратах Бодо применяется второй регистр, содержащий такое же число комбинаций.

Код Морзе является неравномерным — его комбинации содержат различное число знаков. Для сокращения времени передачи более короткие кодовые комбинации присвоены часто встречающимся бук-

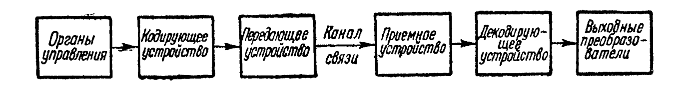
вам. Равномерный Т. к. Бодо является двоичным кодом и не нуждается в специальном разделительном знаке между отдельными кодовыми комбинациями. Неравномерный Т. к. Морзе для разделения отдельных кодовых комбинаций нуждается в специальном разделительном знаке. В качестве такого знака используется пауза между буквами; она играет роль третьего элемента кода, который является троичным.

Телеграфный ключ — специальный выключатель для быстрого размыкания и замыкания одной из цепей радиопередатчика при телеграфной передаче. На радиостанциях малой мощности Т. к. включается в передатчик непосредственно, а на мощных радиостанциях Т. к. управляет работой передатчика через *реле*.

Телеизмерение — область электроизмерительной техники, охватывающая измерения на расстоянии. Любая телеизмерительная система включает в себя преобразователи, позволяющие преобразовать измеренную величину в другую, удобную для передачи по *каналу связи*. Преобразование измеряемой величины имеет целью устранить или сделать незначительными добавочные погрешности, вносимые каналом связи и помехами. Иногда вместо Т. производят передачу показаний местного прибора по каналу связи без непосредственного преобразования (телепередача). На выходе канала связи телеизмерительной системы включаются приемные преобразователи, преобразующие сигналы, передаваемые по линии связи, в измеряемую величину. Существует много различных типов телеизмерительных систем, из которых большой интерес представляют радиотелеизмерительные системы (см. *Радиотелеизмерения*).

Телеметрия — см. *Телеизмерение.*

Телемеханика — отрасль техники автоматического управления, занимающаяся управлением на расстоянии путем посылки специальных (кодированных) сигналов для управления и регулирования режимов, состояний и положений различных объектов. Т. включает в себя управление на расстоянии (телеуправление), контроль состояния различных объектов на расстоянии (телеконтроль) и регулирование на расстоянии (телерегулирование). Телеуправление обычно совмещается с телеконтролем, т. е. одновременно обеспечивается передача команд на управляемые объекты и передача сведений об этих объектах на пункт управления. Передаваемые на расстояние сигналы в месте их приема преобразуются в необходимые воздействия на различного рода измерительные, регулирующие, регистрирующие и иные устройства. Важнейшей задачей телеуправления является обеспечение передачи большого числа команд и сведений по небольшому числу проводов. Такая же задача решается в электросвязи. Поэтому техника телеуправления имеет много общего с техникой электросвязи.

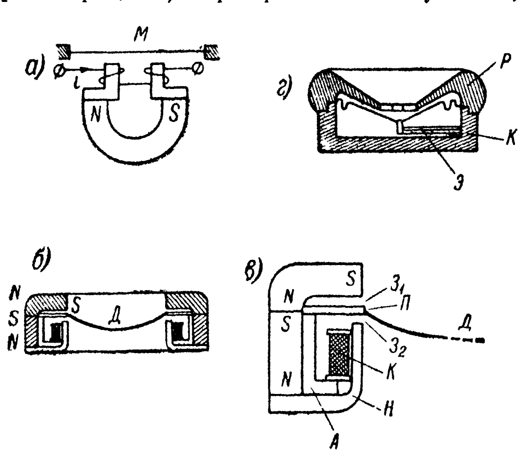


Система телеуправления приведена на рис. Она обычно включает в себя органы управления, кодирующее устройство, передающее устройство, канал связи, приемное устройство, декодирующее устройство, выходные преобразователи. Телемеханические системы можно разделить на разомкнутые и замк-

нутые. В первых система телеконтроля не оказывает влияния на работу системы телеуправления. В замкнутых система телеуправления замыкается при помощи системы телеконтроля. В последнее десятилетие получают распространение системы Т. с радиоканалами связи; их называют радиотелемеханическими (см. *Радиотелемеханика*).

Телеуправление — см. *Телемеханика*.

Телефон — 1) сокращенное название телефонного аппарата, т. е. абонентского устройства, применяемого при передаче телефонных разговоров; 2) преобразователь



электрических сигналов в звуковые, рассчитанный на использование в прижатом к уху положении. Преобразователи чаще всего выполняются по принципу электромагнитных или *пьезоэлектрических преобразователей*. Принцип действия электромагнитного Т. основан на том (см. рис. *а*), что переменный ток *i* (звуковой частоты), проходя по обмотке, нанесенной на полюсные наконечники постоянного магнита *NS*, вызывает появление дополнительного магнитного поля. В зависимости от направления тока это поле усиливает или ослабляет силу притяжения *мембраны М*, обусловленную наличием постоянного магнита. Изменение силы притяжения вызывает колебание мембраны с частотой тока. Звуковые колебания, возбуждаемые мембраной, воздействуют на ухо. На рис. *б* показаны элементы конструкции Т. с улучшенными качественными показателями, а на рис. *в* — деталь конструкции. Два кольцевых постоянных магнита *NS* примыкают друг к другу разноименными полюсами. Нижний магнит имеет полюсный наконечник *Н*. Ток, проходящий по обмотке катушки *К*, при одном направлении увеличивает магнитный поток в верхнем воздушном зазоре $З_1$ и одновременно уменьшает поток в нижнем зазоре $З_2$; при обратном направлении — наоборот. Этим достигается изменение сил притяжения гибкой кольцевой пластины *П* (из ванадиевого пермендюра) к полюсу *S* верхнего магнита и полюсному наконечнику *Н* нижнего магнита. Пластина и скрепленная с ней диафрагма *Д* приходят в колебательное движение с частотой тока. Немагнитная прокладка *А* используется для крепления катушки *К* и пластины *П*. Пьезоэлектрические Т. (см. рис. *г*) содержат биморфный элемент и основаны на использовании обратного *пьезоэлектрического эффекта*. Под воздействием приложенного переменного напряжения незакрепленный конец биморфного элемента *Э* приходит в колебательное движение, которое передается диафрагме *Д*, скрепленной с элементом *Э* Так же как и в других Т., механизм размещается в корпусе *К* с крышкой в

виде раковины *P*, имеющей отверстия.

Чувствительностью Т. называется отношение звукового давления, создаваемого в полости уха (при плотно прижатом Т.), к подводимому электрическому напряжению.

Телецентр — то же, что *телевизионный центр*.

Тембр — определенный характер (оттенок) звучания, свойственный каждому отдельному музыкальному инструменту и голосу. Т. зависит от количества *гармоник* и соотношения между их амплитудами, определяемых *спектром звука*, который, в свою очередь, зависит от свойств колебательной системы различных музыкальных инструментов или структуры голосового аппарата человека.

Темновое сопротивление — величина электрического сопротивления неосвещенного фотосопротивления. Обычно стремятся получить возможно большее Т. с., чтобы темновой ток через фотосопротивление был минимальным.

Темновой ток — ток, текущий в цепи *фотоэлемента*, *фотосопротивления*, *фотодиода*, *фотоэлектронного умножителя*, *электронно-оптического преобразователя* в отсутствие света.

Температурная инверсия в атмосфере — повышение температуры с высотой в некотором слое атмосферы. В большинстве случаев температура атмосферы с ростом высоты уменьшается. Однако при определенных метеорологических условиях в некоторых отдельных слоях атмосферы может установиться обратный ход зависимости температуры от высоты, который и получил название Т. и. в а. Наличие слоев с температурной инверсией делает возможным отражение радиоволн (идущих от Земли) в этих слоях, вследствие чего может происходить *волноводное распространение радиоволн*.

Температурная компенсация — вообще компенсация влияния температуры на работу тех или иных приборов. В радиотехнике Т. к. чаще всего применяется для устранения влияния температуры на частоту колебаний колебательных контуров. В генераторах это влияние приводит к изменению частоты генерируемых колебаний, а в приемниках к изменению частоты настройки приемных контуров. При изменении температуры из-за теплового расширения изменяются размеры конденсаторов и катушек самоиндукции, образующих колебательные контуры. Вследствие этого изменяются емкость конденсатора и индуктивность катушки, а вместе с тем и частота контура. Для осуществления Т. к. конденсаторы и катушки самоиндукции конструируют так, что влияния температурных изменений одних размеров компенсируются противоположными влияниями изменения других размеров. Например, возрастание емкости конденсатора за счет увеличения площади его пластин в результате теплового расширения компенсируется уменьшением емкости благодаря увеличению расстояния между пластинами (для этого требуются специальная конструкция и специальный выбор материалов для конденсатора).

Другой принцип Т. к. состоит в том, что емкость конденсатора и индуктивность катушки, составляющих контур, в отдельности изменяются с температурой так, что их произведение остается постоянным, и поэтому температура не влияет на частоту контура. Очевидно, что в этом случае емкость и индуктивность под влиянием температуры должны изменяться в разные стороны. Для Т. к. используется также зависимость электрических свойств материалов, из которых сделаны элементы контура, от температуры. Например, зависимость диэлектрической проницаемости диэлектрика конденсатора от температуры может быть

выбрана так, что при нагреве изменения диэлектрической проницаемости будут компенсировать изменения размеров конденсатора.

Т. к. применяется для обеспечения постоянства частоты колебаний в *задающих генераторах* передатчиков и *генераторах стандартных сигналов*, в точных *волномерах* и т. д.

Температурная чувствительность — параметр термосопротивления, характеризующий зависимость электрического сопротивления от температуры. По известной величине Т. ч. B легко определяется температурный коэффициент сопротивления (изменение сопротивления при повышении температуры на 1°) α:

$$\alpha = -\frac{B}{T^2},$$

где T — абсолютная температура, ° К. Типичные значения B для полупроводниковых термосопротивлений составляют 2000—52000 *град*$^{-1}$, а соответствующие им α — от —2,4 до —6% на 1° С.

Температурные реле — реле, замыкающие и размыкающие свои контакты при изменении температуры окружающей среды. Примером простейшего Т. р. является ртутный термометр с контактами. Широко распространены Т. р. с плавящимися металлическими вставками, применяемые в качестве защитных реле. Находят применение Т. р. с испаряющейся жидкостью или с изменяющимися при изменении температуры электрическими и магнитными параметрами.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ), температурный коэффициент индуктивности (ТКИ) — относительное изменение емкости конденсатора или индуктивности катушки при изменении их температуры на 1° С. Величина и знак как ТКЕ, так и ТКИ зависят от типа и конструкции конденсаторов и катушек, а также от свойств примененных в них материалов. Чтобы уменьшить влияние температуры на настройку колебательных контуров, применяют конденсаторы и катушки с возможно меньшими ТКЕ и ТКИ, или с ТКЕ и ТКИ разных знаков.

Температурный коэффициент частоты (ТКЧ) — относительное изменение частоты системы (колебательного контура, генератора электрических колебаний, пьезоэлектрического резонатора и т. д.) при изменении ее температуры на 1° С. Изменение частоты колебательных контуров и генераторов происходит, главным образом, вследствие изменения емкости конденсаторов и индуктивности катушек, образующих колебательный контур, в результате теплового расширения. Изменение частоты пьезокварца обусловлено, помимо теплового расширения, изменением упругости кварца с температурой. Чтобы температура возможно меньше влияла на настройку приемника, частоту колебаний генератора и т. д., ТКЧ должен быть возможно меньшим. Для уменьшения ТКЧ колебательных контуров используются специальные методы температурной компенсации, заключающиеся, например, в применении таких катушек и конденсаторов, у которых *температурный коэффициент индуктивности* и *температурный коэффициент емкости*, образующих контур, равны по величине и противоположны по знаку. Тогда значение произведения LC контура, а значит, и его частоты не изменяется при изменении температуры. Уменьшение ТКЧ *пьезоэлектрических резонаторов* достигается соответствующим выбором «среза» кварцевой пластинки, т. е. направлений, в которых она вырезается из кристалла кварца.

Теория информации — раздел *кибернетики*, в котором математическими методами рассматриваются вопросы оценки *количества информации*, содержащейся в со-

общении, и исследуются процессы передачи и хранения информации. На рис. *а* приведена схема передачи сообщений по *каналу связи*. Передаваемое сообщение (человеческая речь, музыка, текст телеграммы, изображение и т. п.) нужно предварительно превратить в электрические сигналы, удобные для передачи по линии. Это превращение происходит в передатчике, включающем в себя тот или иной преобразователь сообщения в электрический сигнал (*микрофон*, *телеграфный ключ*, *передающую телевизионную трубку*) и, если необходимо, — *генератор высокой частоты*, *модулятор*, *усилитель* и др. Из передатчика сигнал поступает в линию (провод, кабель, радиолинию) и распространяется по ней до *приемника*, в котором происходит обратное преобразование сигнала в сообщение, поступающее к получателю. Передатчик, линия связи и приемник образуют канал связи. При передаче по каналу связи сигнал поглощается (затухает) и искажается; кроме того, к нему примешиваются помехи, препятствующие правильному воспроизведению сообщения на приемном конце. Важнейшие проблемы Т. и. — наиболее эффективное использование канала связи, т. е. способность системы связи донести сообщение к получателю с минимальными потерями и искажениями.

Для определения эффективности использования канала вводят понятия объема сигнала и емкости канала. Объемом сигнала V_c называют произведение трех его характеристик:

1) относительного среднего уровня сигнала над помехой

$$H = \log \frac{P_c}{P_п},$$

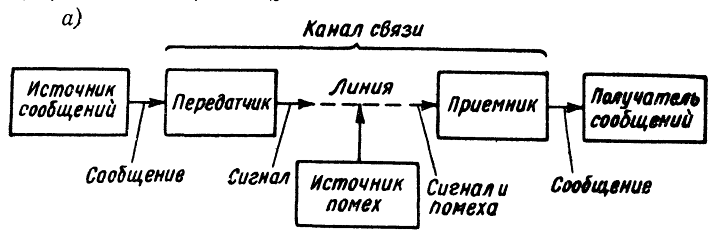
где P_c — мощность сигнала и $P_п$ — мощность помехи;

2) ширины спектра

$$F = f_{макс} - f_{мин},$$

где $f_{макс}$ и $f_{мин}$ — максимальная и минимальная частоты в спектре сигнала;

а)



3) длительности

$$T = t_к - t_н,$$

где $t_к$ и $t_п$ — время конца и начала сигнала.

Таким образом,

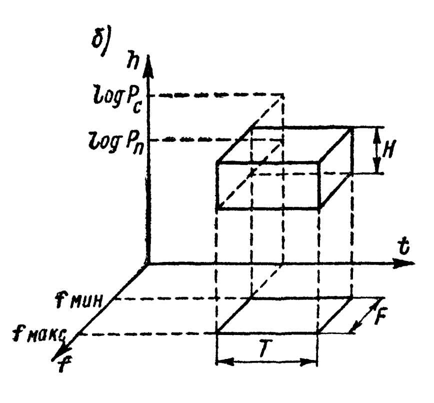
$$V_c = HFT.$$

Исходя из этих соотношений и откладывая соответствующие величины вдоль трех взаимно перпендикулярных осей координат: оси относительных уровней h, оси частот f и оси времени t, сигнал можно, как на рис. *б*, представить в виде параллелепипеда с ребрами H, F и T. Аналогичными параметрами характеризуют и канал связи. Емкостью канала $V_к$ называют произведение:

$$V_к = H_к F_к T_к,$$

где $H_к$ — допустимый диапазон изменений мощности в канале; $F_к$ — ширина спектра частот, пропускаемых каналом; $T_к$ — время использования канала. Условием безыскаженной передачи сигнала яв-

ляется соблюдение условия $V_к \geqslant V_с$. С другой стороны, хотя емкость действующих каналов обычно и превышает объем сигнала, для повышения эффективности использования каналов необходимо, применяя те или иные способы преобразования сигнала, добиваться возможно большего приближения к равенству $V_к = V_с$.



Дальнейшей, более сложной, задачей является максимальное заполнение объема сигнала полезным сообщением. Анализ эффективности решения этой задачи требует измерения количества информации, содержащегося в сообщении. Количественное измерение информации — одна из основных задач Т. и. Эта задача успешно решена для измерения информации, представленной в дискретном виде. Однако значительно чаще происходит передача непрерывной информации, например, при телефонной связи. Вообще говоря, непрерывная функция в конечном интервале времени может быть точно представлена лишь бесконечным множеством чисел, соответствующих мгновенным значениям функции. Однако практически спектр всех реальных электрических колебаний ограничен некоторой высшей частотой $f_в$. Для таких функций В. А. Котельниковым доказана важная теорема о том, что они могут быть точно представлены конечным числом дискретных значений, отсчитанных через интервалы времени

$$\Delta t = \frac{1}{2f_в}.$$

Теорема Котельникова является основой теории *квантования* сигналов, широко используемого в технике связи, *телемеханике*, системах *автоматического управления* с применением *цифровых вычислительных машин*. Важным понятием Т. и. является понятие об *избыточности* информации.

На основе достижений Т. и. разработан ряд совершенных методов *кодирования* сообщений, обеспечивающих лучшее использование каналов связи и повышающих надежность передачи информации. В частности, разработаны новые способы модуляции: так называемый корреляционный метод приема, позволяющий выделять полезный сигнал при наличии превышающей его по уровню помехи, специальные *корректирующие коды* и др.

Тепловое сопротивление — теплотехническая характеристика полупроводникового или другого электронного прибора, показывающая, на сколько градусов поднимается температура данного прибора при рассеивании в нем электрической мощности в 1 *вт* или 1 *мвт*. Т. с. позволяет рассчитывать перегрев прибора относительно окружающей среды. Чем меньше величина Т. с., тем большую мощность при прочих равных условиях может рассеивать тот или иной прибор Для уменьшения Т. с. мощные полупроводниковые диоды и транзисторы снабжаются специальными радиаторами, улучшающими теплоотвод.

Тепловое электромагнитное излучение — *электромагнитные волны*, возбуждаемые движущимися электрическими зарядами, которые совершают тепловое движение. Теп-

ловое движение электронов и ионов — хаотическое (например, движение электронов проводимости в металлическом проводнике или движение электронов и ионов в ионизированном газе). Поэтому оно создает Т. э. и. в виде нерегулярных электромагнитных импульсов, т. е. Т. э. и. имеет *сплошной спектр*. Спектральная плотность Т. э. и. в разных участках спектра зависит от свойств излучающего тела и его температуры. При очень низких температурах, близких к абсолютному нулю, почти все Т. э. и. сосредоточено в диапазоне самых коротких радиоволн (длиной порядка миллиметров); по мере повышения температуры спектральная плотность Т. э. и. увеличивается во всех участках спектра, но в области более коротких волн этот рост происходит быстрее, чем в области длинных, и максимум излучения перемещается в сторону более коротких волн — инфракрасных, красных и т. д. (вследствие этого изменяется и цвет свечения тела). Несмотря на то, что мощность Т. э. и. в диапазоне радиоволн сравнительно мала, современные чувствительные радиоприемники позволяют обнаруживать и измерять Т. э. и.

В соответствии с принципом Кирхгофа всякое тело способно излучать только те электромагнитные волны, которые оно может поглощать; чем сильнее тело поглощает падающие на него электромагнитные волны данной длины, тем сильнее оно излучает волны той же длины. Поэтому, например, атмосфера Земли, которая очень слабо поглощает дециметровые и более длинные волны, практически не излучает волн той же длины. Но на сантиметровых волнах поглощение атмосферы становится все более и более заметным по мере укорочения длины волны, и соответственно растет Т. э. и. атмосферы. На волнах короче 1 *см* поглощение в атмосфере при тяжелых метеорологических условиях возрастает настолько, что радиоволны этой длины практически полностью поглощаются в атмосфере на расстоянии в несколько километров; в соответствии с этим *шумовая температура* Т. э. и. атмосферы достигает сотен градусов Кельвина, т. е. приближается к истинной температуре атмосферы.

Тепловой шум — *флуктуации* напряжения $U_ш$ на сопротивлении, вызванные хаотическим тепловым движением электронов, *дырок* или ионов. Чем короче промежуток времени, в течение которого регистрируются колебания напряжения, т. е. чем шире полоса частот прибора, тем больше отклоняется суммарный ток в одном каком-либо направлении от среднего тока, равного нулю. Среднее значение квадрата флуктуаций $\overline{U^2}_ш$, пропорциональное мощности тепловых шумов, подчиняется формуле

$$\overline{U^2_ш} = 4kTR\Delta f,$$

где $k = 1{,}37 \cdot 10^{-23}$ *джоулей/градус*; T — абсолютная температура в градусах Кельвина; R — сопротивление в омах (независимо от типа и конструкции); Δf — полоса частот в герцах.

Термисторы — полупроводниковые сопротивления, обладающие значительным отрицательным температурным коэффициентом. При повышении температуры на каждый градус сопротивление Т. уменьшается на несколько процентов. В основе действия Т. лежит свойственная полупроводниковым материалам зависимость электропроводности от температуры (см. *Полупроводники*). Т. широко применяются для измерения температуры, мощности, для температурной компенсации измерительных приборов и схем с транзисторами, а также в различных устройствах автоматики и телеметрии. Помимо зависимости сопротивления Т. от температуры внешней среды, часто

используют изменение сопротивления Т. от саморазогрева за счет тока, пропускаемого через Т. В этом случае в режиме больших нагрузок Т. становится очень чувствительным к изменениям условий теплоотдачи и позволяет контролировать разнообразные характеристики окружающей его среды; теплопроводность, скорость течения жидкостей и газов, уровень жидкости в сосуде и т. д.

В режиме больших нагрузок у Т. можно наблюдать релейный эффект, который состоит в очень резком уменьшении сопротивления при повышении температуры до некоторого критического значения. Механизм релейного эффекта следующий: повышение температуры вызывает уменьшение сопротивления, причем ток через Т. увеличивается; это приводит к росту мощности, рассеиваемой в Т., вызывает его дополнительный нагрев и т. д. Релейный эффект используется для пожарной и аварийной сигнализации, в автоматике.

Подогревные Т. отличаются наличием отдельной обмотки, с помощью которой можно нагревать собственно Т. и таким образом электрическим путем управлять величиной сопротивления Т. Эти Т. используются в системах телеуправления и в различных автоматических устройствах. Особую разновидность Т. представляют *болометры* — миниатюрные Т., предназначаемые для измерения мощности сверхвысоких частот. Такие Т. либо вводятся в цепь тока сверхвысокочастотных колебаний, помещаются в волновод, либо устанавливаются в фокусе отражателя, концентрирующего на Т. энергию электромагнитных волн. Нагрев Т., производимый мощностью падающих на него волн, приводит к уменьшению сопротивления Т., и для измерения этой мощности достаточно измерить сопротивление Т. на постоянном токе.

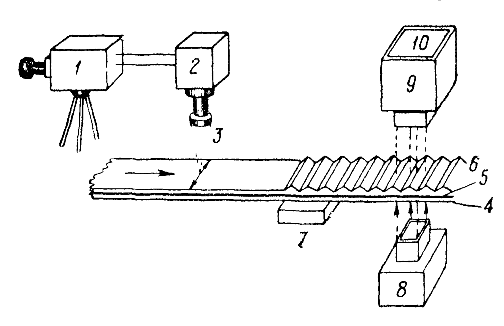
Термоанемометры — приборы для измерения скорости воздушных потоков. Чувствительный элемент Т. состоит из металлической нити с малым температурным коэффициентом сопротивления (нихром и т. п.) и термопары, горячий спай которой укреплен на нити. Нить накаляется электрическим током, и ее температуру принимает горячий спай, тогда как холодный спай будет иметь постоянную температуру воздушного потока. В Т. измеряется либо сила тока, проходящего по проволоке, устанавливаемой в измеряемой среде, либо ее сопротивление. Поэтому Т. разделяются на приборы с постоянной силой тока и приборы с постоянным сопротивлением. Измерительные схемы обоих типов Т. построены на мостовом принципе и отличаются балансировкой моста.

Термогенераторы — генераторы электрического тока, преобразующие тепловую энергию непосредственно в электрическую. Наиболее широко применяемые Т. представляют собой батарею последовательно включенных *термоэлементов.* При нагревании одних спаев и охлаждении других возникают термо-э. д. с., которые, складываясь в последовательно включенных термоэлементах, могут достигать значительной величины, если разность температур между нагреваемыми и охлаждаемыми спаями достаточно велика. Но чтобы поддерживать сколько-нибудь значительную разность температур между спаями термоэлемента, сделанного из металла, нужно подводить много тепла, так как теплопроводность металлов очень велика. Поэтому у Т. с металлическими термопарами к. п. д. был очень низок и они почти не применялись. Использование термопар из *полупроводников* существенно улучшило положение, так как у полупроводников гораздо меньшая теплопроводность, чем у металлов. Благодаря этому полупроводниковые Т. обладают зна-

чительно более высоким к. п. д. и их применение все более и более расширяется. Т., в частности, широко применяется в качестве источников питания ламп приемников и даже маломощных передатчиков в местах, где отсутствуют электрические сети. Для нагрева спаев Т. применяются керосиновые лампы, керогазы и т. п.

Термопара — см. *Термоэлемент*.

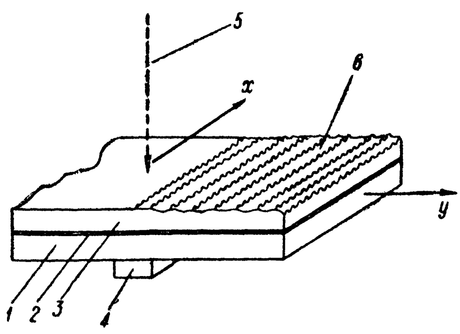
Термопластическая запись — система записи электрических сигналов посредством нагревания пластического материала, на котором производится запись (*сигналоносителя*). Разработан ряд способов Т. з. сигналов в диапазоне звуковых частот и в диапазоне частот, достигающих нескольких мегагерц. Один из методов *механической записи звука* предусматривает нагревание резца током высокой частоты, пропускаемым по специальной обмотке рекордера, окружающей резец. Запись производится путем местного расплавления материала сигналоносителя и имеет вид бороздки, ограниченной оплавленными краями. Такая запись позволяет уменьшить число оборотов граммофонной пластинки до $8^1/_3$ в минуту, что значительно увеличивает длительность записи.



Т. з. применяется также при записи сигналов черно-белых и цветных телевизионных изображений (см. рис.). Электрические сигналы, поступающие из телевизионной камеры *1*, подаются на специальный электронный преобразователь *2*. Запись производится электронным лучом *3*, модулированным по интенсивности записываемым сигналом. Равномерно движущаяся трехслойная эластичная прозрачная лента состоит из основы *4*, электропроводящего слоя *5* и легкоплавкого термопластика *6*, на поверхность которого с помощью электронного луча *3* наносятся отрицательные заряды. Из-за электростатического отклонения луч смещается поперек ленты (подобно развертке по строке в телевизионной трубке). Развертка по кадру осуществляется за счет перемещения ленты. Таким образом, получается поперечно-строчная запись, подобная применяемой при *магнитной записи телевизионных сигналов*. После этого лента проходит мимо высокочастотного подогревателя *7*, где происходит нагрев электропроводящего слоя *5* вследствие возникновения индуцированных вихревых токов; это, в свою очередь, вызовет нагрев термопластика до температуры плавления. Электростатические силы притяжения между нанесенными при записи отрицательными зарядами и положительно заряженной основой вызывают деформацию размягченной поверхности термопластика. При этом «проявляется» записанное изображение. Выходя из зоны действия подогревателя, лента охлаждается и проявленное изображение «закрепляется». Эти процессы могут протекать в течение сотых долей секунды. На ленте образуется ряд параллельных канавок (строк), глубина которых меняется в соответствии с распределением нанесенных при записи зарядов. Если смотреть под определенным углом к поверхности ленты, то проявленное изображение можно видеть невооруженным глазом.

Запись можно воспроизводить в виде электрических сигналов или проецируя на достаточно большой экран видимое изображение. В последнем случае воспроизводящее устройство содержит источник света *8*, специальную оптическую систему *9* и проекционный экран *10*. На рис. более детально изображен участок ленты для Т. з.

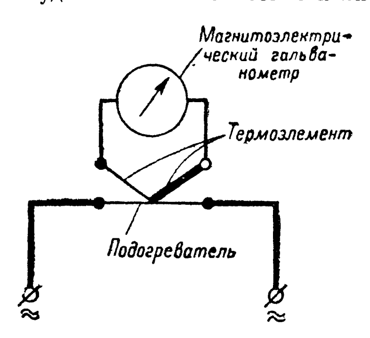
Запись цветных телевизионных изображений осуществляется с помощью специально сконструированной электронно-лучевой трубки с расщепленным лучом. На термопластике образуется система мельчайших канавок, причем глубина канавок определяет яркость каждого элемента изображения, а расстояние между канавками — цвет этого элемента.



1 — прозрачная подложка (100 *мк*); *2* — прозрачный проводящий слой 0,01 *мк*; *3* — термопластик (полистирол 10 *мк*); *4* — устройство высокочастотного подогрева; *5* — модулированный электронный луч; *6* — геометрический рельеф; *x* — направление строчной развертки; *y* — направление движения ленты.

Следует отметить возможность стирания записи путем повторного подогрева ленты, причем последняя может быть использована для новой записи.

Термоприборы — электроизмерительные приборы, состоящие из *термоэлемента* и измерительного прибора постоянного тока. Т. особенно пригодны для измерения токов высокой частоты, так как спай термоэлемента не обладает сколько-нибудь заметными емкостью и ин-



дуктивностью, затрудняющими применение на этих частотах многих других типов измерительных приборов.

Термосопротивления полупроводниковые — см. *Термисторы*.

Термостат — устройство, обеспечивающее постоянство температуры внутри некоторого объема. Для этого объем отделяется от окружающего пространства теплоизолирующими стенками и в нем помещается нагреватель, холодильник и терморегулятор, поддерживающие заданную температуру внутри Т. независимо от температуры окружающей среды. В простейших Т., предназначенных для поддержания заданной температуры, превышающей температуру окружающей среды, холодильники не применяются.

Термо-э. д. с. — э. д. с., возникающая в цепи, содержащей контакты разнородных материалов, при наличии перепада температур вдоль цепи. При этом появление Т.-э. д. с. обусловлено нарушением равенства *контактных разностей потенциалов* отдельных контактов. Явление Т.-э. д. с. используется в термопарах для измерения температур (см. *Термоэлемент*). Наиболь-

шие значения Т.-э. д. с. наблюдаются у специально подобранных пар полупроводников, причем это явление удается использовать для силовых устройств, непосредственно преобразующих тепловую энергию в электрическую (см. *Термогенераторы*).

Термоэлектрические генераторы — то же, что *термогенераторы*.

Термоэлектрический холодильник — полупроводниковое устройство, использующее *эффект Пельтье*. Т. х. состоит из батареи последовательно соединенных *термоэлементов*, причем один из спаев каждого термоэлемента (нагревающийся) сообщается с радиатором, предназначенным для отвода тепла, а другой спай (охлаждающийся) сообщается с радиатором, помещенным внутрь охлаждаемого объема. Т. х., состоящий из одной батареи термоэлементов, обычно дает перепад температуры 20—30° С. Для достижения бо́льших перепадов прибегают к каскадному соединению нескольких батарей. Основной вклад в разработку Т. х. внес акад. А. Ф. Иоффе и его ученики, создавшие много Т. х. различного назначения, в том числе миниатюрные Т. х. для охлаждения узлов и отдельных элементов радиоэлектронной аппаратуры (транзисторов, фотоумножителей). Специальные Т. х. — ультратермостаты — позволяют поддерживать заданную температуру с очень высокой точностью (вплоть до тысячных долей градуса) и представляют большую ценность для измерительной техники.

Термоэлектронная эмиссия — испускание электронов накаленными телами. С повышением температуры скорость хаотического движения некоторых электронов возрастает настолько, что они преодолевают силы притяжения ионов и вылетают за пределы проводника. Иначе говоря, кинетическая энергия этих электронов оказывается больше, чем *работа выхода электрона*, которую он должен совершить для преодоления силы притяжения ионов. Чем выше температура проводника, тем больше таких электронов и тем больше Т. э. В чистых металлах работа выхода велика и заметная Т. э. начинается при температуре около 2000° С, а затем быстро возрастает с ро́стом температуры. Специальная обработка поверхности металла и, в частности, покрытие ее тонкими слоями некоторых металлов или химических соединений существенно понижают работу выхода, и тогда заметная Т. э. наблюдается при значительно более низких температурах (см. *Активированный катод*).

Термоэлемент — спай двух различных металлов (например, железа и константана) или полупроводников, создающий при нагревании постоянную э. д. с. (термо-э. д. с.) тем бо́льшую, чем выше температура спая. Т. применяются для измерения переменных токов при помощи приборов постоянного тока (см. *Термоприборы*). Термоспай соприкасается с проволокой, нагреваемой пропускаемым по ней переменным током. Температура термоспая определяется величиной тока; поэтому по создаваемой спаем термо-э. д. с. можно судить о величине тока, нагревающего спай, т. е. измерять переменный ток. Современные Т., помещенные в вакуум, обладают большой чувствительностью и позволяют измерять очень слабые переменные токи. Т. используются также в *термогенераторах*.

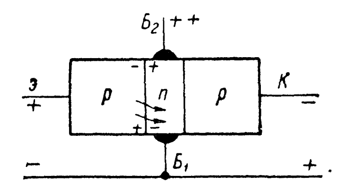
Тесла Никола (1856—1943) — выдающийся инженер-изобретатель, ученый в области электро- и радиотехники. По национальности хорват. В 1878 г. окончил Политехнический институт, а в 1880 г. — Пражский университет. Работал в телеграфных компаниях в Будапеште и Париже. В 1884 г. переехал в США; здесь он открыл явление вращающегося магнитного

поля (независимо от итальянца Г. Феррариса), разработал и запатентовал различные конструкции многофазных электрических машин. По системе Т. в 1896 г. была сооружена Ниагарская гидроэлектростанция.

С 1889 г. Т. работал в области техники высокой частоты. В 1889—1890 гг. он построил электрические генераторы на частоты от 5000 до 20 000 *гц*. В 1891 г. изобрел высокочастотный трансформатор (трансформатор Т.), изучал физиологическое действие токов высокой частоты. Исследовал возможности передачи сигналов и энергии без проводов (1896—1899 гг.) в своей радиолаборатории в Нью-Йорке. Сооружение Т. радиостанции мощностью 200 *квт* в Колорадо (1899 г.) и радиобашни высотой около 60 *м* в Лонг-Айленде способствовало развитию радиотехники. В 1934 г. изучал возможность расщепления атомного ядра с помощью электростатических генераторов высокого напряжения.

Тетрод — электронная лампа, имеющая четыре электрода: катод, управляющую сетку, анод и добавочную экранную сетку (в связи с чем Т. иногда называют экранированной лампой), расположенную между управляющей сеткой и анодом. Экранная сетка служит для устранения влияния паразитной емкости сетка — анод. Одна из основных трудностей, возникающих при применении триода для усиления колебаний высокой частоты, состоит в появлении *паразитной генерации*, обусловленной наличием паразитной емкости между управляющей сеткой и анодом. Экранная сетка, находящаяся под постоянным положительным напряжением (близким к напряжению на аноде), не препятствуя движению электронов к аноду, устраняет влияние паразитной емкости между управляющей сеткой и анодом.

Тетрод-транзистор — транзистор с двумя выводами от базовой области, разработанный с целью повышения рабочих частот. Обычно Т. изготовляется тем же способом, что и *выращенные транзисторы*, но от базовой области делаются два вывода с противоположных сторон. Подавая на дополнительный вывод базы ($Б_2$) постоянное напряжение соответствующей полярности, можно запереть значительную часть



эмиттерного перехода за счет поперечного падения напряжения в базовой области. При этом инъектирующая поверхность эмиттера ограничивается небольшим участком, прилегающим к основному выводу базы ($Б_1$), и уменьшается полезное сечение активной области базы. В результате даже при очень тонкой базовой области *сопротивление базы* $r'_б$ получается не столь значительным, как у триодной структуры, и допускает создание транзисторов для работы на повышенных частотах (до 100 *Мгц*).

Техническая кибернетика — отрасль *кибернетики*, рассматривающая методы управления техническими системами и теоретические и логические основы построения соответствующих средств управления. Основной задачей Т. к. является синтез эффективных *алгоритмов* управляющих устройств и определение их структуры, характеристик и параметров. Т. к. тесно связана с *автоматикой*, *телемеханикой* и вычислительной техникой, однако не совпадает с ними, поскольку в Т. к. не рассматриваются конкретные конструкции соответствующих аппаратов и устройств. Существенными разделами Т. к. являются теория оптимальных ал-

горитмов, теория и принципы действия самоорганизующихся систем различной сложности (с самонастройкой, с обучением, с самопроизвольным изменением структуры), теория сложных систем управления, теория так называемых *конечных автоматов*. Непосредственно с задачами Т. к. смыкаются вопросы связи и взаимодействия технических систем с человеком — оператором, решаемые, в частности, особой отраслью психологии — инженерной психологией. Сложность некоторых задач Т. к. часто лишает возможности решать их только методами теоретического исследования. Поэтому для решения таких задач широко используется так называемый кибернетический эксперимент, осуществляемый на разнообразных физических моделях и кибернетических машинах.

Тиратрон — газонаполненный триод с накаленным катодом, анодом и управляющей сеткой. По принципу действия Т. отличается от вакуумных триодов тем, что после возникновения *газового разряда* между катодом и анодом напряжение на сетке Т. перестает управлять анодным током. Но, изменяя величину отрицательного напряжения на сетке, можно управлять моментом зажигания Т. Таким образом, сетка в Т. служит только для включения анодного тока. Поэтому Т. применяется как реле, потребляющее малую мощность, для включения цепи с большим током. Чтобы погасить Т., необходимо разомкнуть анодную цепь или снизить напряжение на аноде. Т. применяются в управляемых выпрямителях, создавая возможность легкого регулирования величины выпрямленного напряжения в широких пределах. Они используются также в качестве реле в различных схемах автоматического управления и в генераторах электрических импульсов пилообразной или прямоугольной формы. Выпускаются Т. различной мощности (от 10 *вт* до десятков киловатт) и различной конструкции: стеклянные и металлические, наполненные инертными газами, например аргоном, или ртутными парами. Инерционность Т., обусловленная тем, что для прекращения разряда нужно некоторое время, так как должна исчезнуть ионизация газа, не позволяет применять их при очень высоких частотах.

Тиратрон полупроводниковый — *см. Переключающие диоды.*

Тиратрон с тлеющим разрядом — см. *Тиратрон с холодным катодом.*

Тиратрон с холодным катодом (безнакальный тиратрон, тиратрон с тлеющим разрядом) — ионный прибор с тлеющим разрядом, в котором зажиганием разряда можно управлять с помощью специального пускового электрода, называемого пусковым анодом. Подобно тому, как сетка в обычном тиратроне путем подачи на нее нужного напряжения может включать анодную цепь, вызывая разряд в тиратроне, действует и пусковой анод. Однако в Т. с х. к. разряд тлеющий, токи, которые могут проходить через прибор, не превышают десятков миллиампер, а падение напряжения на Т. с х. к. при разряде достигает сотен вольт. Т. с х. к. применяются в маломощных релейных схемах автоматики. Так как Т. с х. к. не требуют накала катода, они очень экономны и всегда готовы к работе. По размеру и форме они подобны лампе типа «желудь». Положение Т. с х. к. в работе может быть любым. Обычно они наполнены смесью инертных газов, как правило — неона и аргона.

Тиратронное реле — *реле*, в которых включение и выключение цепей происходят в результате зажигания и гашения *тиратронов.*

Тихий разряд — вид газового разряда при очень малых токах, обычно порядка микроампер. Количество положительных ионов в объеме баллона прибора с Т. р.

так мало, что не оказывает заметного влияния на распределение потенциала внутри прибора; свечение газа при Т. р. не наблюдается.

Тлеющий разряд — вид *газового разряда.*

Ток анода — см. *Анодный ток.*

Ток накала — ток, служащий для нагревания катода и пропускаемый для этого либо непосредственно по катоду (катоды прямого накала), либо по *подогревателю*, нагревающему катод (катоды косвенного накала).

Ток насыщения электронной лампы — ток, создаваемый всеми эмиттируемыми катодом электронами (см. *Термоэлектронная эмиссия).*

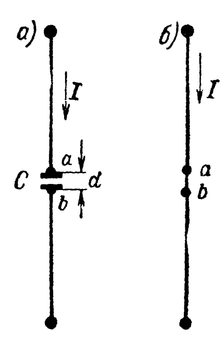
Ток поляризации — ток, обусловленный смещением электрических зарядов при изменении поляризации диэлектрика.

Ток проводимости — «обычный» *электрический ток*, обусловленный переносом электрических зарядов. Называется так в отличие от *тока поляризации* и *тока смещения.*

Ток сетки — ток, образованный электронами, вылетающими из катода и попадающими на сетку лампы.

Ток смещения — величина, пропорциональная скорости изменения напряженности электрического поля и характеризующая порожденное этими изменениями магнитное поле (см. *электромагнитное поле*). Термин Т. с. введен Максвеллом; изменения электрического поля Максвелл назвал током именно потому, что согласно его гипотезе изменения во времени электрического поля, подобно электрическому току, создают в окружающем пространстве магнитное поле. Однако в вакууме, т. е. в отсутствие электрических зарядов, изменения электрического поля не обязательно должны сопровождаться движением зарядов в той области пространства, где происходят изменения электрического поля. Следовательно, Т. с. в вакууме, по существу, не является электрическим током, но по своему магнитному действию он эквивалентен некоторому электрическому току. Величина этого эквивалентного тока может быть определена из рассмотрения следующего простейшего примера с помощью хотя и не строгих, но зато наглядных соображений.

Если в прямолинейный участок цепи, по которой протекает переменный ток I, между точками a и b



включен конденсатор (см. рис. *а*), то в соответствии с гипотезой Максвелла можно полагать, что если удалить конденсатор и замкнуть точки a и b накоротко (см. рис. *б*), но оставить ток I прежним, то магнитное поле не изменится. Однако между обкладками конденсатора ток не течет, но зато заряды на обкладках конденсатора изменяются, так как по подводящим проводам, присоединенным к конденсатору, течет ток I заряда и разряда конденсатора. Вместе с изменениями зарядов на обкладках конденсатора изменяется напряженность электрического поля в конденсаторе. По гипотезе Максвелла, эти изменения должны создавать вокруг конденсатора такое же магнитное поле, какое в отсутствие конденсатора создает ток I, текущий по отрезку провода, закорачивающему участок цепи ab.

Установить связь между силой тока I и скоростью изменения на-

пряженности электрического поля конденсатора можно посредством следующих рассуждений. За малое время Δt ток I изменяет заряд конденсатора на величину $\Delta Q = I\Delta t$, в результате чего разность потенциалов на конденсаторе изменится на величину

$$\Delta U = \frac{\Delta Q}{C} = \frac{I\Delta t}{C},$$

где C — емкость конденсатора. Так как напряженность электрического поля в *плоском конденсаторе* равна $E = U/d$, где d — расстояние между обкладками, то она изменится на величину

$$\Delta E = \frac{\Delta U}{d} = \frac{I\Delta t}{Cd}.$$

Подставляя сюда выражение для емкости плоского воздушного конденсатора $C = \varepsilon_0 S/d$, где S — площадь обкладки, а ε_0 — диэлектрическая проницаемость вакуума (в системе СИ), получим:

$$\Delta E = \frac{I\Delta t}{\varepsilon_0 S},$$

или

$$I = \varepsilon_0 S \frac{\Delta E}{\Delta t},$$

где $\Delta E/\Delta t$ — скорость изменения напряженности электрического поля в конденсаторе. Следовательно, для того, чтобы вокруг конденсатора создавалось такое же магнитное поле, как и от тока I, изменения электрического поля в нем должны быть по своему магнитному действию эквивалентны некоторому току

$$I_c = \varepsilon_0 S \frac{\Delta E}{\Delta t};$$

это и есть Т. с. в рассматриваемом случае. Так как *электрическая индукция* в вакууме в системе СИ есть $D_0 = \varepsilon_0 E$, то выражение для Т. с. в вакууме может быть записано так:

$$I_c = S \frac{\Delta D_0}{\Delta t},$$

где ΔD_0 — изменение электрической индукции в воздушном конденсаторе за время Δt.

Т. с., так же как и электрическое поле в плоском конденсаторе, распределено равномерно по всей площади S. Следовательно, *плотность тока* смещения в вакууме:

$$j_c = \frac{I_c}{S} = \varepsilon_0 \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta D_0}{\Delta t}.$$

Полученное выражение для плотности Т. с. справедливо и для общего случая неоднородного поля.

Если конденсатор C (см. рис. *а*) заполнен диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью ε, то его емкость (в системе СИ):

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d};$$

тогда плотность Т. с. равна:

$$j_c = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta D}{\Delta t},$$

где D — *вектор электрической индукции* в диэлектрике. Как видно из сопоставления выражений для Т. с. в вакууме и в диэлектрике, плотность Т. с. в диэлектрике при тех же изменениях напряженности электрического поля в ε раз больше, чем в вакууме. Это обусловлено тем, что в диэлектрике, помимо собственно Т. с. (который представляет собой не ток, а изменения напряженности электрического поля) при изменении электрического поля в диэлектрике, происходит смещение поляризационных зарядов (см. *Диэлектрическая поляризация*) и возникает электрический ток поляризации, который также создает магнитное поле, накладывающееся на магнитное поле, создаваемое собственно Т. с.

Ток экранной сетки — ток, образованный электронами, вылетающими из катода и попадающими на экранную сетку лампы. Так как условное направление тока при-

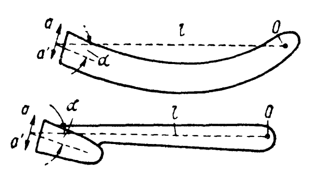
нято обратным направлению движения отрицательных зарядов, то Т. э. с. внутри лампы направлен от экранной сетки к катоду, а во внешней цепи экранной сетки — от катода к экранной сетке.

Ток электронного луча — ток, образованный электронами пучка в *электронно-лучевой трубке*, т. е. электронами, достигающими *мишени*, *экрана* или *коллектора*. Направление Т. э. л. противоположно направлению движения электронов. Т. э. л. необходимо измерять микроамперметром, включенным в цепь коллектора (второго анода) трубки.

Тональная модуляция — модуляция передатчика колебаниями звуковой частоты какого-либо определенного тона. Для приема на слух телеграфных сигналов передатчика без Т. м. требуется местный гетеродин, создающий *биения* с принимаемыми сигналами. А в случае Т. м. после обычного детектирования принятых сигналов получается ток с частотой модуляции и телеграфные сигналы слышны в виде длинных и коротких звуков этого тона (тональные сигналы).

Тональные сигналы — см. *Тональная модуляция*.

Тонарм — держатель *звукоснимателя*. Направление колебаний острия иглы звукоснимателя *aa'* (см. рис.) должно составлять мини-



мальный угол с радиусом граммофонной пластинки. Выполнение этого условия обеспечивается формой Т. и способствует уменьшению шумов и искажений при воспроизведении *механической записи звука*. Угол α и расстояние между осью *O* вращения Т. и осью вращения пластинки зависят от расстояния *l* между острием иглы и осью вращения Т.

Тонмейстер — сотрудник службы *студий радиодома* или *телецентра*, в обязанность которого входит первичная обработка сигналов вещательной передачи.

Торированный карбидированный катод — активированный катод электронных ламп, представляющий собой вольфрамовую проволоку, поверхность которой карбидирована, т. е. покрыта слоем карбида вольфрама (W_2C), а на ней находится одноатомный слой тория. Первоначально употреблялись торированные катоды, в которых слой тория располагался на чистом вольфраме. Так как торий — металл электроположительный по отношению к вольфраму, то на поверхности катода образовывался двойной электрический слой, своим полем облегчавший выход электронов из катода. *Работа выхода электронов* из такого катода оказывалась примерно в 1,7 раза меньше, чем из чистого вольфрама, и приблизительно в 1,3 раза меньше, чем из тория. Очень экономичные, такие катоды, однако, не долговечны, так как слой тория на вольфраме быстро разрушался, особенно при попытках применить подобный катод в генераторных лампах, вследствие бомбардировки катода ионами, образовавшимися из остаточных молекул газа при высоких анодных напряжениях.

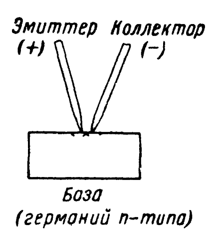
В настоящее время применяется только Т. к. к. Слой тория на карбиде вольфрама много прочнее, чем на чистом вольфраме; это позволяет повысить рабочую температуру катода (не в ущерб долговечности), что, в свою очередь, увеличивает эффективность катода. Применяется Т. к. к. в генераторных лампах малой мощности. Рабочая температура его — около 2000° К, эффективность составляет 50—70 *ма/вт*.

Торированный катод — активированный катод, в котором увеличение электронной эмиссии достигается покрытием поверхности вольфрама тонким слоем тория.

Точечный диод — см. *Полупроводниковые диоды*.

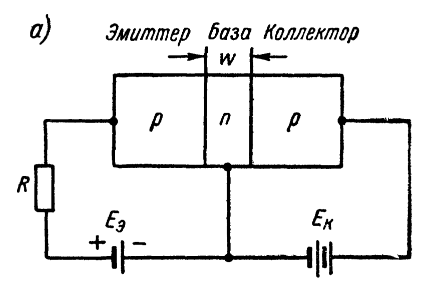
Точечный растр — совокупность пятен при *шаговой развертке*.

Точечный транзистор — исторически первая разновидность транзистора, в котором использовались точечные контакты металлических игл с кристаллом полупроводника (см. рис.). Кристаллическую пластинку называют *базой*,



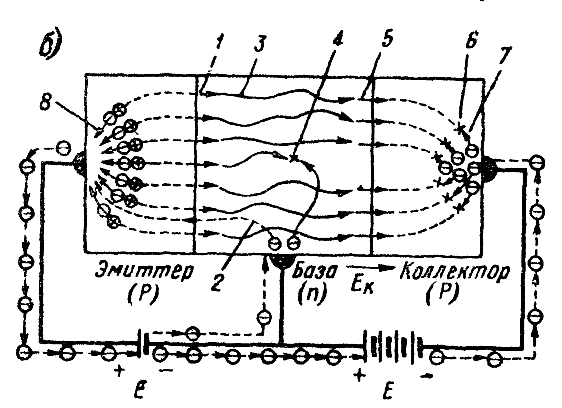
а иглы — *эмиттером* и *коллектором*. Работа Т. т. в общих чертах сходна с действием *плоскостного транзистора* (см. *Транзистор*). Для улучшения свойств *p—n* переходов, появляющихся в районе точечных контактов, применялась электрическая формовка, состоявшая в пропускании через контакты постоянного тока. Ввиду плохой воспроизводимости электрических характеристик, их низкой стабильности, высокого уровня шумов и по другим причинам Т. т. перестали употребляться после изобретения плоскостных транзисторов. Отличительной особенностью Т т. являлся большой коэффициент усиления по току в схеме с общей базой ($\alpha = 2 \div 3$ и более).

Транзистор — наиболее универсальный полупроводниковый усилительный прибор, выполняющий те же функции, что и *электронная лампа* с управляющей сеткой. По аналогии с трехэлектродной лампой Т. называют также полупроводниковым триодом. Действие Т. основано на использовании особых свойств неоднородных *полупроводников*. Типичная схема Т. приведена на рис. *а*. Т. состоит из монокристаллической пластинки полупроводника, в которой с помощью



особых технологических приемов созданы три области с чередующимися типами проводимости: дырочной (*p*) и электронной (*n*). Таким образом, в Т. имеются два *p — n* перехода (см. *Электронно-дырочный переход*), отделенные тонкой средней областью, называемой *базой*. Один из *p — n* переходов, называемый коллекторным, присоединяется к источнику $E_к$, создавшему на нем обратное напряжение, а через другой (эмиттерный) переход с помощью источника $E_э$ пропускается ток прямого направления, ограничиваемый сопротивлением *R*. Крайние области называются соответственно *коллектором* и *эмиттером*. Если бы расстояние между коллекторным и эмиттерным переходами, зависящее от толщины базы (*W*), было достаточно большим (больше *диффузионной длины неосновных носителей*), то каждый из *p — n* переходов работал бы как независимый полупроводниковый диод. При этом через коллекторный переход проходил бы незначительный *обратный ток*, обусловленный неосновными носителями: *дырками*, переходящими из базы в коллектор,

и электронами, переходящими из коллектора в базу. Однако в Т. всегда стремятся сделать достаточно тонкую базу и это существенно изменяет работу обоих переходов. Область эмиттера легируют примесью, создающей дырочную проводимость, значительно сильнее, чем область базы примесью, дающей электронную проводимость.



В результате концентрация дырок в эмиттере оказывается значительно больше не только концентрации дырок в области базы, но даже концентрации электронов в базе. Поэтому прямой ток, проходящий через эмиттерный переход, в основном состоит из дырок, поступающих из эмиттера в базу (*1* на рис. *б*), и лишь в ничтожной части из электронов, переходящих из базы в эмиттер (*2* на рис. *б*). Происходит так называемая инъекция (впрыскивание) дырок эмиттером в базу, аналогичная *электронной эмиссии* из катода вакуумной электронной лампы. Впрыснутые в базу дырки имеют ограниченное время жизни, в течение которого они должны рекомбинировать с электронами. Однако благодаря диффузии впрыснутые дырки начинают перемещаться в область базы, прилегающую к коллектору, где их концентрация меньше (*3* на рис. *б*).

Ввиду малой толщины базы, несмотря на небольшую скорость диффузионного перемещения дырок, по пути к коллектору успевает рекомбинировать (*4* на рис. *б*) весьма малая доля общего количества дырок, впрыснутых эмиттером. Попадая же в область коллекторного перехода, к которому приложено значительное обратное напряжение, дырки подвергаются действию сильного ускоряющего поля, втягиваются им и моментально захватываются коллектором (*5* на рис. *б*), где и «оканчивают жизнь» за счет рекомбинации (*6* на рис. *б*) с электронами, поступающими (*7* на рис. *б*) из источника питания коллекторной цепи $E_к$.

Несмотря на непрерывную инъекцию дырок эмиттером, запасы их в эмиттере не убавляются, так как одновременно с переходом дырок из эмиттера в базу эмиттер покидает соответствующее количество электронов (*8* на рис. *б*), уходящих во внешнюю цепь к положительному зажиму источника $E_э$, в результате чего в эмиттере появляются новые дырки.

Таким образом, под действием батареи $E_э$ в эмиттере непрерывно генерируются пары электрон — дырка, причем электроны выходят во внешнюю цепь, а дырки благодаря инъекции через эмиттерный переход, диффузии через базу и захвату коллектором в основном добираются до коллектора, где рекомбинируют и вызывают приток соответствующего числа электронов из источника $E_к$. За вычетом небольшого тока базы, связанного с электронной составляющей тока

через эмиттерный переход и частичной рекомбинацией дырок в области базы, ток, введенный в эмиттер, передается в цепь коллектора.

Изменяя ток эмиттера, можно тем самым менять и ток коллектора. Поскольку эмиттерный переход работает в прямом направлении, напряжение, прикладываемое к зажимам эмиттер — база, мало́ (порядка 0, 1—0, 2 *в*). Коллекторный переход, работающий в обратном направлении, напротив, допускает питание достаточно высоким напряжением (до нескольких десятков вольт). Из этих соображений очевидна возможность усиления с помощью Т., ибо ток, вводимый в цепь эмиттера при малом напряжении, передается в цепь коллектора со значительно бо́льшим напряжением.

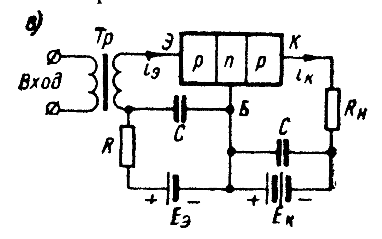
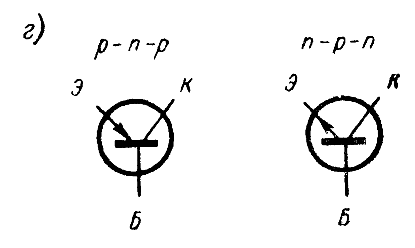


Схема простейшего усилителя с Т. показана на рис. *в*. Помимо источников питания $E_э$, $E_к$, ограничивающего постоянный ток эмиттера сопротивления R и блокировочных конденсаторов C, в цепь эмиттера с помощью трансформатора *Тр* вводится подлежащий усилению сигнал, а в цепь коллектора включено нагрузочное сопротивление $R_н$, в котором выделяется усиленный сигнал. Входное сопротивление Т. мало́, поскольку через эмиттерный переход проходит прямой ток от батареи $E_э$. Сопротивление же нагрузки $R_н$ можно взять достаточно большим при надлежащем выборе напряжения источника $E_к$. Тогда мощность сигнала в нагрузочном сопротивлении получается больше мощности входного сигнала, потому что ток сигнала, введенный в цепь эмиттера с низким сопротивлением, передается почти без потерь ($i_к \approx i_э$) в выходную цепь с большим сопротивлением; возникает усиление мощности сигнала. Изображенная на рис. *в*. схема включения Т. называется схемой с общей базой. О других способах включения транзистора в усилительных каскадах см. *Схемы включения Т.*

Наряду с Т. описанной выше структуры $p — n — p$ существуют Т., в которых проводимости всех областей обратные, т. е. Т. структуры $n — p — n$. Действие обоих типов транзисторов вполне аналогично, только электроны и дырки взаимно меняются ролями, а полярности источников питания обратные. Наличие Т., имеющих противоположные полярности питающих напряжений, позволяет осуществлять ряд оригинальных схем (схем с «дополнительной симметрией»), отсутствующих в ассортименте ламповых схем. Условные обозначения Т. на принципиальных схемах показаны на рис. *г*.



Помимо усиления электрических колебаний, Т. широко используются как бесконтактные коммутационные устройства, в разнообразных генераторных схемах, для преобразования и детектирования колебаний и др., причем от соответствующих ламповых устройств схемы с Т. отличаются миниатюрностью, высокой экономичностью питания, большой меха-

нической прочностью, мгновенной готовностью к действию, большой долговечностью. Максимальные рабочие частоты самых высокочастотных Т. превышают 1000 *Мгц*, наибольшие мощности — порядка 100 *вт*. К недостаткам Т. относится существенная температурная зависимость их характеристик.

По исходному материалу современные Т. делятся на две группы: германиевые и кремниевые (см. *Германий* и *Кремний*). Германиевые удовлетворительно работают при температурах до 70°С, а кремниевые — до 150°С. Для изготовления Т. применяются разнообразные технологические приемы. Наиболее распространенные типы Т. изготовляются методом вплавления примесей (см. *Сплавные Т.*). Высокочастотные Т. чаще всего изготовляют с помощью диффузионной технологии (см. *Диффузионно-сплавные Т.*). О других технологических и конструктивных разновидностях Т. см. *Выращенные Т.*, *Меза-Т.*, *Микросплавные Т.*, *Планарные диоды* и *Т.*, *Поверхностно-барьерные Т.*, *Эпитаксиальные Т.*, а также *Канальные Т.*, *Тетрод-Т.*, *Точечный Т.*

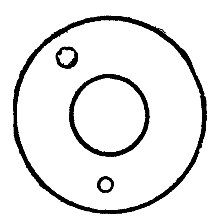
Трансляционная аппаратная — помещение, в котором устанавливается аппаратура, аналогичная *студийной аппаратной*. Т. а. оборудуется при театрах, концертных залах, стадионах и других объектах города, из которых предусматривается возможность регулярного проведения вещательных или телевизионных передач.

Трансляция — передача электрических сигналов связи (звукового или телевизионного *вещания*, телефонных разговоров, телеграфных сообщений и т. п.) через промежуточную (трансляционную) станцию. На трансляционной станции принятые сигналы усиливаются и далее передаются по проводам или по радио. Т. широко применяется в технике дальней связи и в системах вещания.

Трансмиттер (передатчик) — аппарат для быстрой автоматической передачи телеграфных сигналов. Посылкой сигналов в Т. обычно управляет бумажная лента с пробитыми перфоратором отверстиями, положение которых соответствует определенным сигналам.

Трансивер — приемно-передающая радиоустановка, в которой одни и те же лампы, колебательные контуры и другие детали при помощи ряда переключений образуют либо приемник, либо передатчик. Т. получили распространение в ультракоротковолновой аппаратуре. Они позволяют значительно уменьшить число ламп и деталей, а тем самым вес и габариты аппаратуры, что особенно целесообразно в передвижках.

Трансфлюскор — запоминающий и логический элемент, представляющий собой сердечник из феррита с прямоугольной петлей гистерезиса, с двумя или более отверстиями (см. рис.). Принцип работы Т. основан на явлениях перераспределения и блокировки остаточных магнитных потоков в сложном магнитопроводе из магнитного материала с прямоугольной петлей гистерезиса. Область применения Т. — *ассоциативные запоминающие устройства*, различные устройства и схемы бесконтактной автоматики.



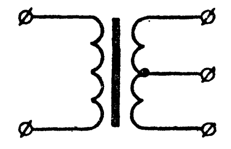
Трансформатор высокой частоты — трансформатор, преобразующий напряжение высокой частоты. В Т. в. ч не применяются стальные сердечники, так как потери в стали при токах высокой частоты очень

велики. В простейшем виде Т. в. ч. представляет собой две катушки без сердечника, расположенные одна возле другой. Часто в Т. в. ч. применяются сердечники из *магнитодиэлектрика.*

Трансформатор низкой частоты — трансформатор для преобразования напряжений и токов низкой частоты. Т. н. ч. изготовляются с сердечником из стали или других ферромагнитных материалов.

Трансформатор промежуточной частоты — трансформатор для напряжений промежуточной частоты в супергетеродинах. Как и *трансформатор высокой частоты,* изготовляется либо без сердечника, либо с сердечником из *магнитодиэлектрика.*

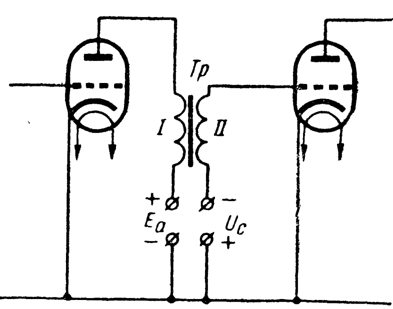
Трансформатор со средней точкой — трансформатор с выводом от средней точки первичной или вторичной обмотки (см. рис.). Т. с.



с. т. применяются в двухполупериодных *выпрямителях,* а также в *двухтактных схемах* усилителей низкой частоты, т. е. в тех схемах, в которых трансформируемое напряжение должно быть разделено на части, равные по амплитуде, но противоположные по фазе.

Трансформаторная связь — см. *Связь между контурами.*

Трансформаторный ламповый усилитель — усилитель, в котором анодной нагрузкой служит первичная обмотка трансформатора, а с вторичной обмотки последнего напряжение подается на сетку лампы следующего каскада усилителя. Схема одного каскада Т. л. у. приведена на рис. Если в Т. л. у. применяется повышающий трансформатор, то он дает дополнительное увеличение напряжения. Т. л. у. часто используются для усиления низких частот, особенно в качестве оконечных (выходных) каскадов, так как с помощью выходного трансформатора можно согласовать сопротивление нагрузки с внутренним сопротивлением лампы. Поскольку *полное сопротивление* первичной обмотки трансформатора зависит от частоты, то получение в Т. л. у. равномерного усиления в широкой полосе частот требует применения специальных мер.



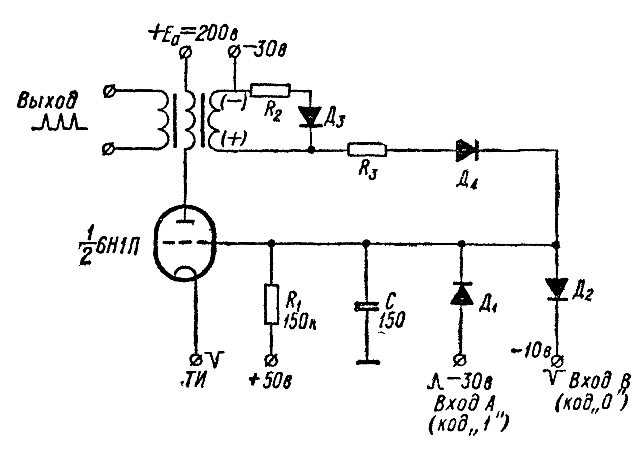
Для усиления высокой или промежуточной частоты также используются Т. л. у. В этом случае обычно одна или обе обмотки трансформатора входят в колебательные контуры, настроенные в резонанс на частоту усиливаемых колебаний. Такие Т. л. у. являются разновидностью *резонансных ламповых усилителей.*

Трапецеидальные искажения — превращение прямоугольного растра в трапецеидальный при наклонном падении электронного луча на мишень или экран трубки. Т. и. компенсируются путем модуляции размаха строчных пилообразных токов развертки с помощью кадрового пилообразного напряжения. Возможна также коррекция Т. и. неоднородным стационарным магнитным полем, создаваемым внешним магнитом у выхода электронного луча из поля отклоняющих катушек.

Триггер — устройство, обладающее двумя (или несколькими) состояниями устойчивого равновесия. Различают *триггеры статические и динамические*. Т. могут быть построены на электронных лампах, транзисторах, лампах тлеющего разряда, туннельных диодах и т. д.

Триггер бистабильный — *триггер*, обладающий двумя устойчивыми состояниями.

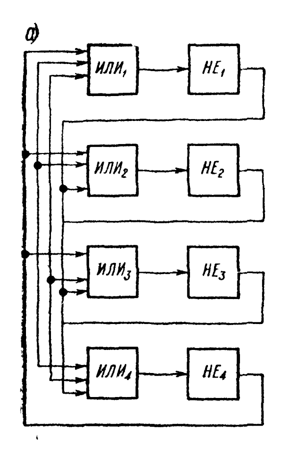
Триггер динамический — устройство с двумя устойчивыми состояниями, дающее в одном из них на выходе непрерывную последовательность импульсов, а в другом — постоянный уровень напряжения. Пример Т. д. приведен на рис. В цепь катода лампы непрерывно поступают так называемые тактовые импульсы (*ТИ*) от внешнего генератора импульсов. Работа этого триггера основана на быстром заряде емкости *C* через малое сопротивление и медленном разряде — через большое сопротивление. В исходном состоянии лампа заперта и тактовые импульсы не проходят на выход схемы. При подаче положительного импульса на вход *A* (код «1») конденсатор *C* быстро заряжается (через прямое сопротивление диода) и лампа отпирается; теперь, с приходом первого тактового импульса, появляется импульс и на вторичных обмотках трансформатора: импульс на левой обмотке — выходной импульс; с правой обмотки импульс поступает в цепь обратной связи для восстановления заряда конденсатора и поддержания лампы в отпертом состоянии. (Сопротивление R_1 — большое, и разряд конденсатора в промежутках между *ТИ* незначителен.)



Таким образом, лампа все время отперта и с приходом *ТИ* появляются выходные импульсы с частотой *ТИ*. Генерация импульсов на выходе продолжается до тех пор, пока на вход *B* не поступит отрицательный импульс (код «0»), когда конденсатор быстро разряжается через отпирающийся диод $Д_1$ и лампа запирается. Сопротивление R_2 и диод $Д_3$ служат для гашения паразитных колебаний, возникающих в трансформаторе; сопротивление R_3 используется для ослабления обратной связи.

На практике, прежде всего в электронной вычислительной технике, применяются Т. д. различного типа — на лампах, транзисторах, магнитных сердечниках — для построения различных функциональных устройств.

Триггер мультистабильный — триггер, обладающий числом устой-



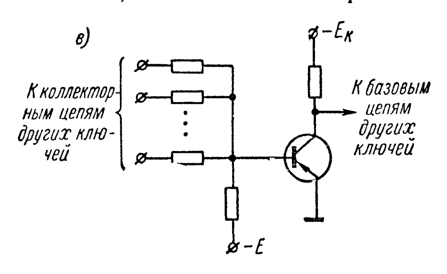
Число этих ключей (построенных на лампах или транзисторах) равно требуемому числу устойчивых состояний. Выход каждого ключа связан с входами других ключей через *логические схемы* «ИЛИ». В результате его срабатывание (отпирание соответствующей лампы или транзистора) приводит к выключению остальных. Блок-схема Т. м. рассматриваемого типа с четырьмя устойчивыми состояниями изображена на рис. *а*, а пример принципиальной схемы — на рис. *б*.

Роль делителей $R_{\delta 1}$—$R'_{\delta 1}$ и т. д. в базовых цепях аналогична роли делителей в схеме бистабильного симметричного триггера. Отпирание хотя бы одного диода схемы «ИЛИ», подключенной к делителю (при насыщении транзистора, кол-

чивых состояний, бо́льшим, чем два. Из нескольких типов Т. м. отметим основанный на применении инвертирующих ключевых элементов (логических схем типа «НЕ»).

лектор которого соединен с анодом этого диода), заземляет верхнее плечо делителя. На соответствующую базу подается запирающий потенциал.

Более простым является Т. м., в котором связь между коллекторами и базами осуществлена через сопротивления (как в бистабильных триггерах). Принципиальная схема ключа (вместе со схемой «ИЛИ») такого Т. м. изображена



на рис. *в*. Однако здесь требуется более точный выбор элементов схемы, особенно — сопротивлений.

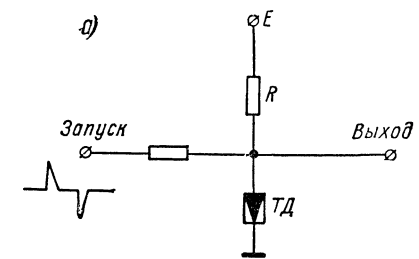
Режим счетного запуска в рассмотренных схемах Т. м. организуется аналогично схемам бистабильных триггеров.

Экономически нецелесообразно применять Т. м. описанного типа с числом состояний бо́льшим пяти-шести. Описанные Т. м. обладают сравнительно низким быстродействием. Однако такие устройства, как декадные и *кольцевые счетчики*, более просты при использовании в них Т. м.

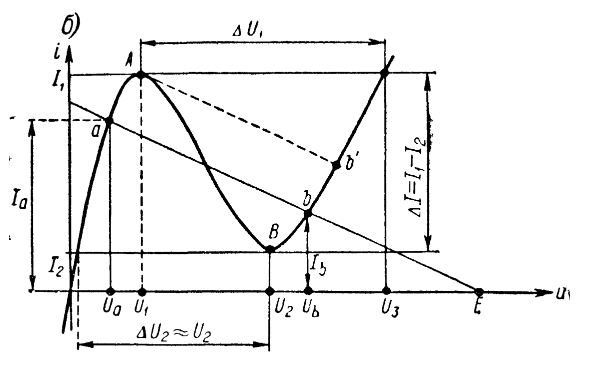
Триггер на туннельном диоде — *триггер*, построенный на одном, двух (или больше) туннельных диодах. Схема триггера на одном туннельном диоде изображена на рис. *а*. Сопротивление R должно быть больше модуля среднего отрицательного сопротивления $|R_-|$ *ТД* (см. рис. *б*), причем

$$|R_-| = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2};$$

обычно величина $|R_-|$ лежит в пределах 5—500 *ом*. При $R > |R_-|$ линия нагрузки пересекает характеристику *ТД* в трех точках, причем точки пересечения *a* и *b* соответствуют двум возможным устойчивым состояниям триггера. Когда

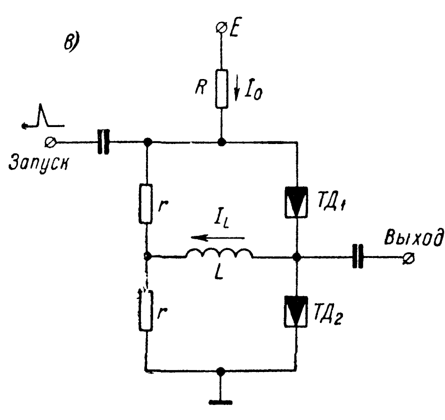


рабочая точка лежит в точке *a*, через *ТД* идет ток I_a и напряжение на нем равно U_a, а в рабочей точке *b* — ток равен I_b и напряжение на *ТД* равно U_b. Переход триггера из одного устойчивого состояния в другое осуществляется благодаря подаче запускающего импульса тока.



Пусть, например, триггер находится в состоянии, соответствующем положению рабочей точки *a*. При подаче положительного импульса тока рабочая точка переходит в положение *A* и происходит опрокидывание — триггер скачком проходит в состояние, определяемое положением рабочей точки *b'*;

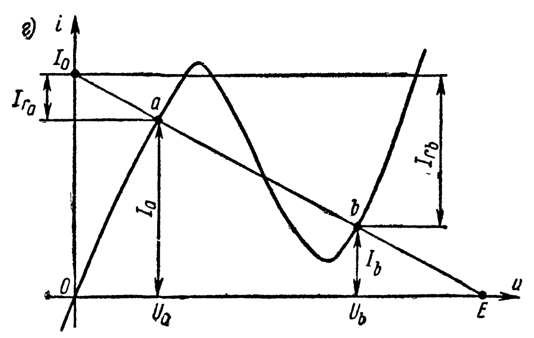
затем устанавливается второе устойчивое состояние (точка b'). В результате опрокидывания создаются перепады напряжения и тока.



Длительность фронта $t_ф$ перепадов тока и напряжения триггера определяется емкостью C p — n перехода *ТД* и паразитной индуктивностью цепи и примерно оценивается формулой

$$t_ф \approx 2\,|\,R_-\,|\,C;$$

величина $t_ф$ — порядка единиц или долей наносекунд.



Рассмотренный триггер на одном *ТД* управляется импульсами тока только чередующейся полярности. Триггер со счетным входом, управляемый однополярными импульсами, строится на двух *ТД* (см. рис. *в*). В первом устойчивом состоянии диод $ТД_1$ находится в состоянии, когда напряжение на нем мало (рабочая точка a на рис. *г*), а диод $ТД_2$ находится в состоянии, когда напряжение на нем велико (рабочая точка b). Через индуктивность L течет разность токов $I_L = I_a - I_b$. При подаче положительного запускающего импульса $ТД_1$ переключается и ток I_L стремится к нулю. При этом в индуктивности L появляется э. д. с., стремящаяся уменьшить напряжение на $ТД_2$, и последний переключается в состояние, характеризуемое положением рабочей точки a. При поступлении следующего положительного запускающего импульса $ТД_1$ вновь переключается в состояние a, а $ТД_2$ — в состояние b. Таким образом, частота положительных перепадов на выходе будет в два раза меньше частоты входных запускающих импульсов, и рассмотренная схема может быть использована в качестве двоичной пересчетной ячейки.

Триггер со счетным запуском — триггер, ламповый или транзисторный, построенный по симметричной схеме и управляемый однополярными импульсами, поступающими на один его вход; при этом триггер срабатывает от каждого входного импульса. Схемы и временные диаграммы триггера в режиме счетного запуска см. *Счетчики импульсов*.

Триггер статический — устройство, обладающее двумя электрическими состояниями устойчивого равновесия, причем переход

устройства из одного состояния в другое (так называемое опрокидывание или переключение) происходит всякий раз, когда воздействующее на его вход управляющее напряжение $u_у$ достигает некоторых фиксированных пороговых уровней $U'_{пор}$ $U''_{пор}$. Зависимость выходного напряжения триггера $U_{вых}$ от управляющего $u_у$ имеет форму гистерезисной петли (см.

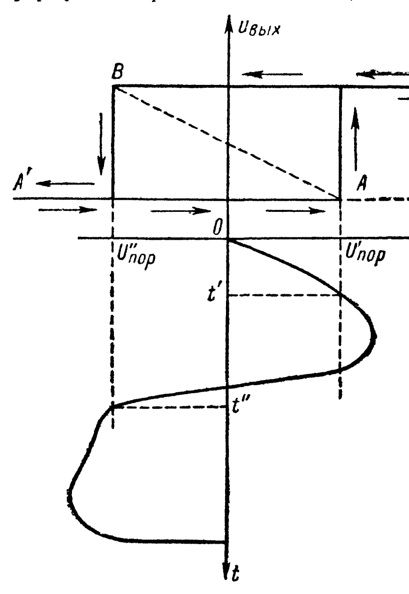
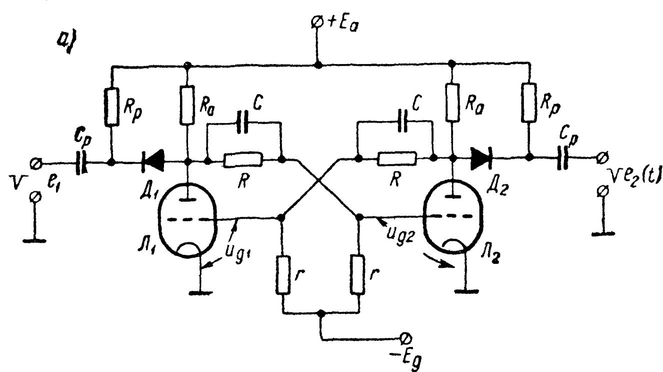


рис.). Ветви $A'A$ и $B'B$ характеристики $U_{вых} = f(u_у)$ соответствуют двум устойчивым состояниям равновесия триггера, а точки A и B — пороговым значениям управляющего напряжения. При возрастании $u_у$ (по ветви $A'A$) выходное напряжение $U_{вых}$ остается постоянным и равным U_1 вплоть до достижения управляющим напряжением порогового уровня $U'_{пор}$, где $U_{вых}$ изменяется скачком до нового уровня U_2 и остается равным U_2 при дальнейшем увеличении $u_у$; если теперь уменьшать $u_у$ (по ветви $B'B$), то $U_{вых} = U_2$ до момента, когда $u_у$ достигнет другого порогового уровня $U''_{пор}$, где $U_{вых}$ скачком уменьшается до U_1 и остается равным U_1 при дальнейшем уменьшении управляющего напряжения $u_у$. Последнее может иметь форму непрерывно изменяющегося напряжения или форму импульсов; в том и другом случае напряжение $U_{вых}$ имеет форму перепадов напряжения.

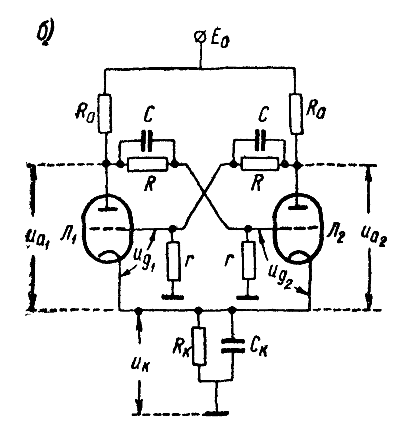
Характеристикой вида, показанного на рис., обладают *газоразрядные приборы* (тиратроны, неоновые лампы), точечные *полупроводниковые триоды*, *электронные лампы* в динатронном или транзитронном режиме, *туннельные диоды*. Аналогичная характеристика свойственна ламповым или транзисторным *усилителям*, замкнутым в петлю положительной *обратной связи*. В соответствии с этим различают триггеры ламповые, транзисторные, на газоразрядных приборах, на туннельных диодах и т. д. Для построения триггеров можно также применить магнитные элементы, в частности ферритовые сердечники с прямоугольной петлей гистерезиса; подобные триггеры называются магнитными.

Триггеры ламповые — *триггеры*, построенные на электронных лампах. Различают две основные схемы таких триггеров: схему с анодно-сеточной связью (симметричную) и схему с катодной связью (несимметричную). Симметричная

схема строится либо с внешним источником смещения E_g (см. рис. *а*), либо с автоматическим смещением (см. рис. *б*) за счет падения напряжения на общем катодном сопротивлении $R_к$. Схема триггера представляет собой двухкаскадный реостатный усилитель, у



которого выход соединен со входом. Связь между каскадами осуществляется делителем напряже-



ния Rr, коэффициент деления делителя $\xi = r/R + r$ определяет ту часть анодного напряжения одной из ламп, которая подается на сетку другой лампы.

В схеме триггера невозможно устойчивое состояние, при котором обе лампы $Л_1$ и $Л_2$ открыты, токи I_1 и I_2 равны друг другу и напряжения на соответствующих электродах ламп также равны друг другу ($u_{a1} = u_{a2}$, $u_{g1} = u_{g2}$). Любое случайное изменение токов и напряжений приведет к возникновению лавинообразного процесса нарастания тока одной из ламп и уменьшения тока другой. Например, увеличение I_1 вызовет увеличение напряжения на нагрузке лампы $Л_1$, а следовательно, уменьшение анодного напряжения лампы $Л_1$ (u_{a1}) и сеточного напряжения лампы $Л_2$ (u_{g2}), что, в свою очередь, вызовет уменьшение тока I_2, повышение u_{a2} и u_{g1} и, значит, дальнейшее увеличение I_1. Таким образом, в схеме развивается лавинообразный процесс, который завершается тогда, когда прерывается действие обратной связи; это возможно либо в случае запирания одной из ламп (например, $Л_2$), либо в случае насыщения другой лампы (например, $Л_1$). В обоих случаях в схеме установится устойчивое равновесие.

Обычно параметры схемы выбираются так, что в состоянии равновесия одна из ламп заперта, а другая открыта. Триггер обладает двумя такими устойчивыми состояниями; в одном из них лампа

$Л_1$ открыта, а $Л_2$ — заперта, в другом $Л_1$ заперта, а $Л_2$ — открыта. Для обеспечения этих состояний надо выполнить два условия: 1) напряжение сетки запертой лампы должно быть ниже потенциала — E_{g0}, при котором лампа отпирается; для надежного запирания лампы обычно принимают это напряжение примерно в два раза бо́льшим (по абсолютной величине) E_{g0}; 2) напряжение сетки отпертой лампы должно быть выше потенциала — E_{g0}. Обычно целесообразно выбирать это напряжение положительным (несколько бо́льшим нуля); в таком случае отпертая лампа будет работать в режиме сеточного ограничения, потенциал ее сетки будет зафиксирован на нулевом уровне и анодный ток лампы будет неизменным.

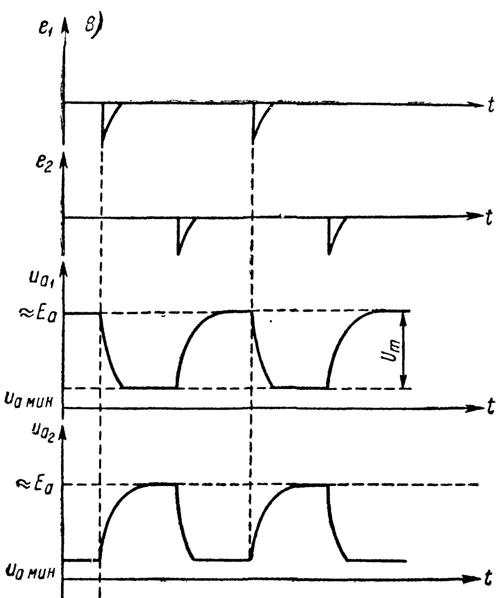
При выполнении перечисленных условий триггер находится в одном из двух устойчивых состояний до тех пор, пока не произведен запуск схемы посредством какого-либо управляющего напряжения, например импульсом положительной полярности, введенным в цепь сетки запертой лампы. Под действием этого импульса запертая лампа отпирается, восстанавливается обратная связь и в схеме возникает лавинообразный процесс опрокидывания триггера. Если бы в схеме отсутствовали паразитные емкости, скорость этого процесса была бы неограничена и переход триггера в новое устойчивое состояние был бы мгновенным.

Наличие паразитных емкостей ламп, нагрузки, монтажа приводит к тому, что скачки напряжения происходят не мгновенно, а за конечное время, необходимое для изменения зарядов этих емкостей. Для ускорения опрокидывания плечо R делителя Rr шунтируют емкостью C, называемой ускоряющей, которая принимается во много раз большей входной паразитной емкости $C_{вх}$ лампы. Благодаря этому емкостному делителю $C - C_{вх}$ изменения напряжения на аноде одной лампы практически без ослабления передаются на сетку другой, что ускоряет процесс опрокидывания. Однако слишком большое значение C выбирать не следует, так как при этом уменьшается возможное быстродействие триггера. Действительно, после опрокидывания триггера происходит перезаряд ускоряющих конденсаторов. Конденсатор, подключенный к аноду отпирающейся лампы, разряжается через сопротивление R и одновременно через сопротивление r в цепи сетки другой, запирающейся, лампы. Если к моменту поступления очередного управляющего (запускающего) импульса емкость C не успела разрядиться, то потенциал сетки запертой лампы оказывается ниже нормального стационарного уровня и возникает опасность сбоя, т. е. триггер может не сработать (опрокидывание не произойдет). Чем больше C, тем больше время разряда и тем, следовательно, меньше возможное быстродействие триггера, т. е. тем меньше та максимальная частота управляющих импульсов, при которой триггер надежно срабатывает от каждого управляющего импульса. Обычно C выбирается порядка 25—200 *пф*.

Запуск (управление) триггера осуществляется либо короткими (дифференцированными) импульсами, либо перепадами напряжения. Различают два типа запуска: раздельный и счетный. Раздельный запуск производится от двух источников импульсов, подаваемых на два входа; импульсы одного источника вызывают опрокидывание триггера только в одном направлении, а импульсы другого источника — в другом. Счетный запуск осуществляется от одного источника однополярных импульсов, подаваемых на один, так называемый счетный вход триггера, причем триггер срабатывает от каждого входного импульса. (Обычно в та-

ком режиме работают триггеры в пересчетных устройствах, откуда и возникло название счетного запуска.)

Управляющие импульсы могут быть поданы на аноды или на сетки ламп, в связи с чем различают схемы запуска на аноды и на сетки.

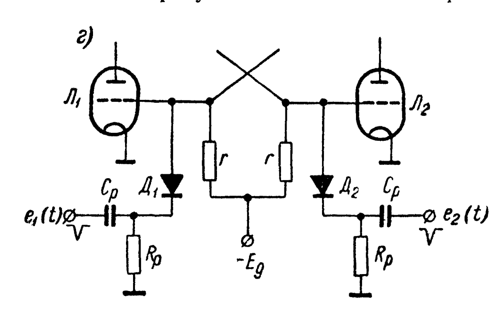


На рис. *а* показана схема раздельного запуска, в которой управляющие импульсы отрицательной полярности поступают через разделительные диоды $Д_1$ и $Д_2$ на аноды $Л_1$ и $Л_2$; на рис. *в* приведены диаграммы напряжений на анодах ламп, иллюстрирующие работу триггера.

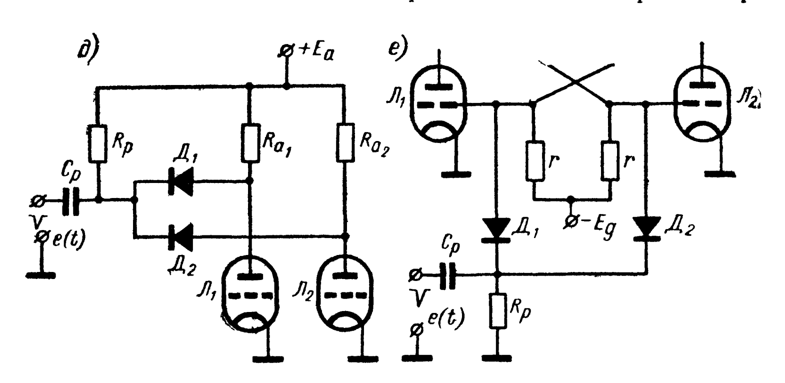
Пусть, например, лампа $Л_1$ заперта, а $Л_2$ — открыта. В таком случае потенциал анода $Л_1$ — высокий (примерно равный E_a), а потенциал $Л_2$ — низкий (равный некоторому остаточному напряжению $u_{a\,мин}$). Поэтому напряжение на диоде $Д_1$ почти равно нулю, а напряжение на диоде $Д_2$ — большое отрицательное, равное по величине $(E - u_{a\,мин})$, и диод $Д_2$ надежно заперт. При поступлении отрицательного импульса $e_1(t)$ отпирается диод $Д_1$, и этот импульс через емкость C поступает на сетку отпертой лампы $Л_2$. В результате потенциал ее сетки снижается, уменьшается ток лампы, возрастают анодное напряжение $Л_2$ и сеточное напряжение $Л_1$, последняя отпирается и в схеме развивается лавинообразный процесс опрокидывания; лампа $Л_1$ отпирается, а $Л_2$ — запирается. Заметим, что в самом начале опрокидывания, уже при незначительном уменьшении анодного напряжения отпирающейся лампы $Л_1$, диод $Д_1$ запирается и отключает источник управляющих импульсов от триггера, тем самым исключая его влияние на процессы опрокидывания.

После завершения опрокидывания и установления стационарных уровней напряжений на анодах и сетках ламп можно вызвать новое опрокидывание импульсом $e_2(t)$ на анод $Л_2$, так как теперь диод $Д_1$ заперт большим обратным напряжением, а диод $Д_2$ находится на границе отпирания (напряжение на нем почти равно нулю). В результате опрокидывания на анодах ламп создаются положительные и отрицательные перепады напряжения, которые и являются полезными выходными сигналами триггера. Длительность фронтов этих перепадов тем меньше, чем меньше паразитные емкости, шунтирующие аноды ламп, и чем больше величина анодного тока лампы, ибо последним определяется начальная скорость заряда (разряда) паразитных емкостей.

Схема раздельного запуска на сетки ламп показана на рис *г*; в этой схеме требуется меньшая ам-



плитуда управляющих импульсов. Схемы счетного запуска триггера на аноды и сетки приведены на рис. *д* и *е*. Благодаря наличию двух диодов схемы срабатывают от каждого очередного управляющего отрицательного импульса.

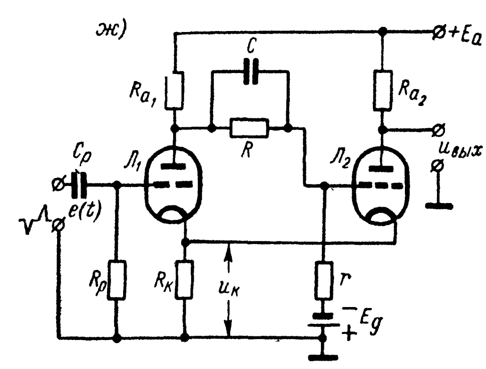


Симметричные триггеры применяются прежде всего в качестве двоичных (бинарных) элементов в различных коммутирующих, управляющих и запоминающих устройствах, в устройствах деления и счета импульсов

Триггер с катодной связью (см. рис. *ж*) отличается от симметричного триггера тем, что одна анодно-сеточная цепь связи, образуемая делителем *R*r, заменена связью, образуемой общим катодным сопротивлением $R_к$. Величина этого сопротивления выбирается такой, чтобы при отпертой лампе $Л_2$ лампа $Л_1$ была заперта, т. е. чтобы $I_2 R_к > |E_{g0}|$ (I_2 — ток открытой лампы $Л_2$) Элементы (R, r, E_g) цепи связи $Л_1$ с $Л_2$ выбираются, как в случае симметричного триггера, т е так, чтобы $Л_2$ была закрыта, когда $Л_1$ отперта, а при отпертой лампе $Л_1$ потенциал сетки $Л_2$ был несколько выше нуля.

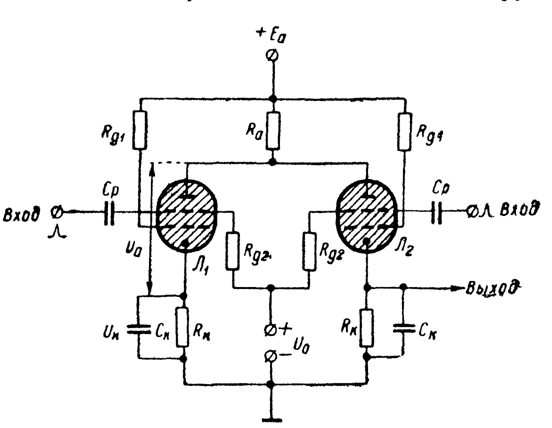
Запуск триггера с катодной связью обычно осуществляется импульсами чередующейся полярности (или другим двухполярным напряжением, например синусоидальным). Принцип работы этой схемы не отличается от принципа работы схемы симметричного триггера. Если, например, лампа $Л_1$ заперта, то при подаче на ее сетку положительного импульса достаточной амплитуды она отпирается и восстанавливается действие обратной связи напряжение на аноде $Л_1$ уменьшается, падают напряжение на сетке и ток лампы $Л_2$, уменьшается напряжение $u_к$ на сопротивлении $R_к$, что приводит к дальнейшему росту тока лампы

$Л_1$, и т. д. Этот лавинообразный процесс завершается запиранием лампы $Л_2$ и полным отпиранием $Л_1$.



Триггер с катодной связью обладает рядом достоинств по сравнению с симметричным триггером: в схеме меньше элементов, выходное напряжение можно снимать в зависимости от требуемой полярности как с анода, так и с катода лампы $Л_2$; схема позволяет менять разность пороговых уровней срабатывания изменением $R_к$, при этом удается получить триггер с большой чувствительностью, т. е. управляемый импульсами малой амплитуды. Триггер с катодной связью применяется для формирования прямоугольного напряжения из синусоидального, а также как *селектор импульсов* напряжения по амплитуде.

Триггеры на приборах тлеющего разряда — *триггеры*, построенные на тиратронах с холодным катодом и на других приборах тлеющего разряда. Принципиальная схема триггера на тиратронах с холодным катодом приведена на рис. Параметры схемы ($R_а$, $R_к$, $C_к$), напряжения $E_а$ и U_0 выбираются так, чтобы при включении питания зажигался только один из тиратронов. В момент зажигания одного из тиратронов, например левого, потенциал на его аноде и, значит, на аноде другого, правого, тиратрона будет $U_г$, что недостаточно для зажигания правого тиратрона. По мере заряда конденсатора $C_к$ до $U_к$ напряжение на анодах относительно «земли» будет возрастать до $U_к + U_г$; этого напряжения при выбранном потенциале второй сетки U_0 недостаточно для зажигания правого тиратрона. Такое состояние схемы устойчиво и может сохраняться неограниченно долго. Для опрокидывания триггера необходимо подать на вторую

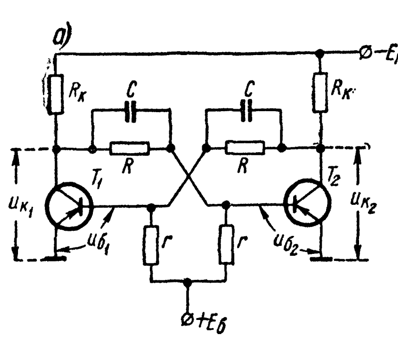


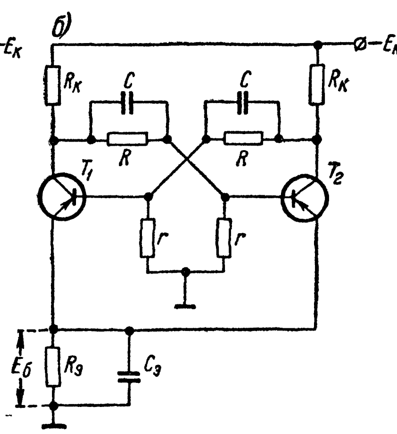
сетку правого тиратрона положительный импульс, амплитуда которого достаточна для его зажигания. В момент зажигания последнего благодаря наличию конденсатора в цепи катода потенциал анодов упадет до $U_г$, вследствие чего напряжение анод — катод левого тиратрона станет $U_г - U_к$, и если

эта величина меньше напряжения погасания, левый тиратрон погаснет, и триггер перейдет во второе состояние равновесия.

Во многих практических схемах напряжение U_0 создается за счет напряжения на катодном сопротивлении $R_к$ и с помощью делителей напряжения анодного питания.

Триггеры транзисторные — *триггеры*, построенные на транзисторах. Различают две основные схемы транзисторных триггеров: с коллекторно-базовыми связями (симметричную схему) и с эмиттерной связью (несимметричную).





Схемы симметричных триггеров на плоскостных транзисторах (типа $p - n - p$) с внешним смещением и автоматическим смещением (см. рис. *а* и *б*) аналогичны схемам симметричных ламповых триггеров. Триггер на транзисторах обладает двумя состояниями устойчивого равновесия: в одном транзистор T_1 заперт, а T_2 — открыт и насыщен; во втором — наоборот, транзистор T_1 открыт и насыщен, а T_2 — заперт. Для обеспечения этих устойчивых состояний параметры схемы выбираются так, чтобы удовлетворить двум условиям: 1) ток базы $i_б$ открытого транзистора должен превышать величину насыщенного тока базы, равного $E_к/\beta R_к$, где β — коэффициент усиления транзистора в схеме с общим эмиттером; 2) напряжение на базе запертого транзистора $u_б$ должно быть положительным (или отрицательным — для транзисторов типа $n - p - n$). Когда транзистор заперт, его коллекторное напряжение почти равно $E_к$ (если можно пренебречь падением напряжения на коллекторном сопротивлении $R_к I_{к0}$, обусловленном неуправляемым тепловым током транзистора $I_{к0}$), а коллекторное напряжение открытого насыщенного транзистора практически равно нулю. Поэтому при опрокидывании триггера на коллекторах транзисторов создаются положительные и отрицательные перепады напряжения, почти равные по величине $E_к$.

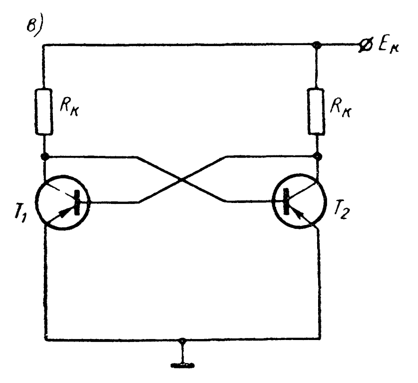
Напряжение $E_к$ выбирается несколько бо́льшим требуемой амплитуды перепада коллекторного напряжения, а напряжение смещения $E_б$ — порядка 1—2 *в*. Сопротивление $R_к$ принимается обычно небольшим, чтобы можно было не считаться с падением напряжения $R_к I_{к0\,макс}$, где $I_{к0\,макс}$ — значение неуправляемого тока $I_{к0}$ при максимальном значении температуры из заданного температурного диапазона работы триггера.

Быстродействие транзисторного триггера главным образом зависит

от частотных свойств транзисторов: чем выше *граничная частота транзистора* f_α, тем выше быстродействие триггера, т. е. тем выше может быть частота F управляющих импульсов [можно считать $F \approx (0{,}5 \div 1)\, f_\alpha$)].

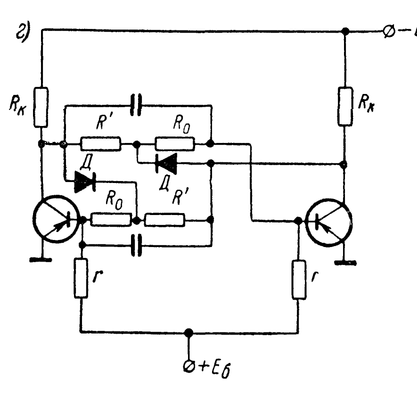
Запуск транзисторного триггера аналогичен запуску триггера на электронных лампах.

Свойства транзисторов позволяют построить схемы триггеров, не имеющих ламповых аналогов.

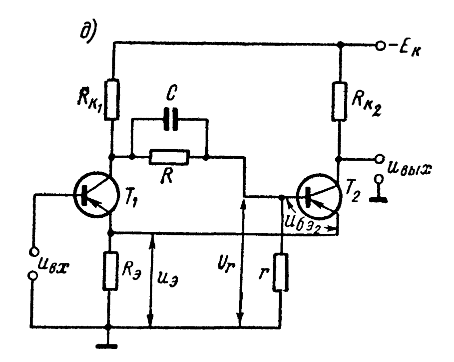


На рис. *в* приведена схема триггера с непосредственными связями. Пусть, например, транзистор T_1 открыт и насыщен; тогда напряжение на его коллекторе почти равно нулю и, следовательно, напряжение на базе другого транзистора T_2 близко к нулю и этот транзистор практически заперт. Перепад коллекторного напряжения в данном триггере даже при низких значениях $E_к$ достигает нескольких десятых долей вольта и достаточен для управления другими транзисторными устройствами.

Основным недостатком рассмотренных транзисторных триггеров, называемых насыщенными, является эффект накопления *неосновных носителей* в базе насыщенного транзистора, что приводит к задержке процессов опрокидывания на *время рассасывания* этих носителей и, следовательно, к уменьшению быстродействия триггера. В схеме триггера, показанной на рис. *г*, насыщение транзистора устраняется благодаря применению цепи R_0 — *Д* нелинейной отрицательной обратной связи. В режиме,

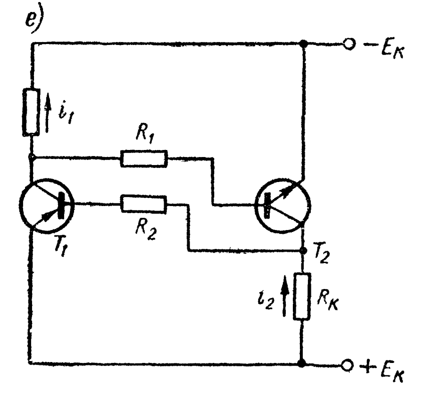


близком к границе насыщения, когда коллекторное напряжение мало, отпирается диод *Д*, через который и замыкается часть входного тока, если последний превышает то значение тока базы, которое соответствует режиму границы насыщения.



Триггер с эмиттерной связью (см. рис. *д*) по схеме и по своему применению аналогичен ламповому триггеру с катодной связью. Параметры схемы выбираются такими,

чтобы при запертом транзисторе T_1 напряжение $u_{б.э2}$ между базой и эмиттером транзистора T_2 было отрицательно и ток базы этого транзистора превосходил насыщающий ток, т. е. величину $E_к/\beta\ (R_{к2} + R_э)$. Если же транзистор T_1 открыт, то T_2 заперт, что обеспечивается таким выбором параметров, при котором напряжение $u_{б.э2} = u_г - u_э$ положительно; транзистор T_1 в этой схеме может быть открыт и насыщен только в том случае, когда входное напряжение отрицательно и по величине больше $u_э$.



На транзисторах могут быть построены схемы триггеров, не имеющие ламповых аналогов. На рис. *е* приведена схема комбинированного триггера, в котором использованы транзисторы типа $p - n - p$ и $n - p - n$. Такая схема не имеет лампового аналога и отличается тем, что в одном устойчивом состоянии оба транзистора заперты, а в другом — оба отперты. В первом состоянии транзистор T_1 заперт, потенциал его коллектора относительно эмиттера равен $-E_к$; транзистор T_2 также заперт, так как потенциал его эмиттера равен $-E_к$. Напряжения на базах обоих транзисторов близки к нулю. В другом состоянии оба транзистора открыты и насыщены, поскольку ток базы каждого транзистора проходит по сопротивлениям $R_к$ и R_1 (R_2) и удерживает транзистор в режиме насыщения. Такой триггер в запертом состоянии не потребляет энергии, поэтому его целесообразно применять в аппаратуре, работающей в ждущем режиме.

Триммер — *подстроечный конденсатор*; от обычных конденсаторов переменной емкости отличается более простой конструкцией и возможностью фиксировать его в определенном положении.

Триод — *электронная лампа* с тремя электродами: катодом, сеткой и анодом.

Триод-гептод — комбинированная лампа, применяемая для *преобразования частоты* в супергетеродине. Состоит из двух ламп, объединенных конструктивно в одной колбе, — *триода*, работающего в схеме *гетеродина*, и *гептода*, являющегося *смесительной лампой*.

Трубка Кубецкого — электронный прибор, работающий по принципу *электронного умножителя* и служащий для усиления слабых фототоков.

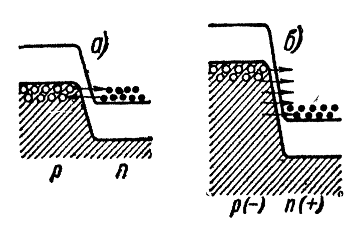
Трубка Шмакова — Тимофеева — см. *Супериконоскоп*.

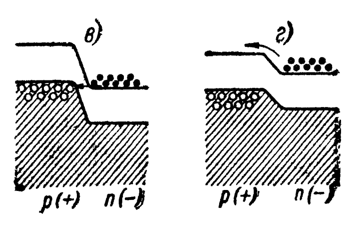
Туннельный диод — полупроводниковый диод, изготовленный из очень низкоомных материалов, вследствие чего при обратном и небольшом прямом напряжении возникает *туннельный эффект* и в вольт-амперной характеристике Т. д. появляется участок *отрицательного сопротивления*. Т. д. успешно применяется для усиления и генерирования электрических колебаний вплоть до диапазона сверхвысоких частот и в качестве быстродействующего переключателя в импульсных и электронных логических устройствах.

Туннельный эффект — особый механизм прохождения тока в полупроводнике, состоящий в непосредственном переходе электронов из связанного состояния в свободное и наоборот под действием силь-

ного электрического поля («холодная эмиссия» или эффект Зинера). Практическое значение Т. э. имеет в очень тонких *p — n* переходах, для получения которых приходится прибегать к чрезвычайно сильному легированию полупроводника примесями. При толщине обедненного слоя порядка 0,01 *мк* электрическое поле, создаваемое ионами примесей, составляет сотни киловольт на 1 *см*.

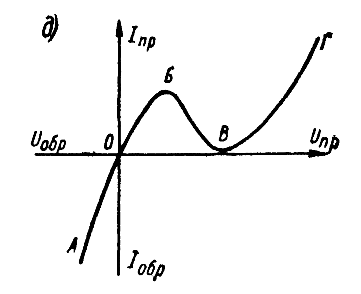
Явление Т. э. объясняют с помощью квантовомеханических представлений и *зонной теории*. Энергетическая диаграмма тонкого *p — n* перехода в отсутствие внешнего напряжения приведена на рис. *а*; она отличается от диаграммы обычного *p — n* перехода (см. *Электронно-дырочный переход*) тем, что дно зоны проводимости *n*-области располагается ниже потолка валентной зоны *p*-области. При этом вопреки законам классической механики существует возможность перехода электронов проводимости из *n*-области на свободные уровни (дырки) валентной зоны *p*-области, а валентных электронов из *p*-области в зону проводимости *n*-области без изменения их энергии. Такие переходы электронов обозначены на рис. *а* стрелками. Ввиду того, что эти переходы происходят без преодоления потенциального барьера, непосредственно через склон энергетической схемы, они и названы Т. э. В отсутствие внешнего напряжения движение электронов через *p — n* переход в обоих направлениях уравновешено и результирующий ток Т. э. равен нулю. При приложении внешнего напряжения (см. рис. *б*) одна из составляющих тока начинает преобладать и образует ток во внешней цепи. Т. э. возможен при обратных напряжениях (см. рис. *б*), причем он приводит к быстрому увеличению обратного тока по мере повышения напряжения — туннельному пробою, и при небольших прямых напряжениях (см. рис. *в*) — до тех пор, пока





дно зоны проводимости *n*-области находится ниже потолка валентной зоны *p*-области. По мере дальнейшего повышения прямого напряжения (см. рис. *г*) Т. э. пропадает и *p — n* переход приобретает свойства обычного диода.

Если Т. э. пропадает раньше, чем возникает обычный прямой ток, то в вольт-амперной характеристике *p — n* перехода, на ее прямой



ветви, появляется падающий участок, т. е. участок отрицательного сопротивления (*БВ* на рис. *д*). Это явление используется в *туннельных диодах.* Ход вольт-амперной характеристики таких диодов на

участке *АБВ* обусловлен Т. э. (см. рис. *б*, *в*), а на участке *ВГ* обычным механизмом прохождения прямого тока через *p — n* переход (см. рис. *г*). Т. э. используется также в низковольтных стабилитронах и в *обращенных диодах*.

«Тянучки» — темные полосы вдоль строк возле светлого края изображения. Т. получаются вследствие ослабления нижних частот спектра сигналов и фазовых искажений на этих частотах.

У

Угловая частота — число колебаний, совершаемых за 2π секунд. Если период колебаний есть *T*, то их частота (т. е. число колебаний в 1 *сек*)

$$\nu = \frac{1}{T},$$

а их угловая частота

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}.$$

Пользоваться числом колебаний за 2π *сек*, а не за 1 *сек*, часто удобнее потому, что в выражениях, описывающих изменения напряжений и токов при гармонических колебаниях, или в выражениях, определяющих величины индуктивного и емкостного сопротивлений переменному току, а также во многих других случаях частота колебаний фигурирует вместе с множителем 2π.

Угломестная радиолокационная станция — станция, предназначенная для определения одной из угловых *координат цели* — угла места. Как правило, она работает совместно с двухкоординатной станцией, определяющей дальность и азимут. Для точного определения угла места, т. е. угла в вертикальной плоскости, диаграмма направленности антенны данной станции сильно сжата в этой плоскости.

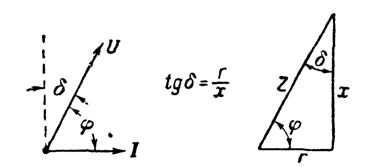
Угол зрения (телевизионной камеры) — угол между двумя прямыми, проведенными из центра объектива к краям передаваемой сцены. Если расстояние от объектива до сцены велико по сравнению с его фокусным расстоянием f, то У. з. 2β определяется соотношением $\operatorname{tg}\beta = \frac{1}{2}\cdot\frac{b}{f}$, где b — ширина изображения сцены на фотокатоде. Отсюда видно, что У. з. уменьшается с увеличением f, т. е. с увеличением масштаба изображения.

Угол отсечки — см. *Отсечка тока*.

Угол потерь — угол, дополняющий до 90° *угол сдвига фаз* между напряжением и током. Если угол сдвига фаз есть φ, то У. п. $\delta = 90° - \varphi$. У. п. называется потому, что он характеризует потери энергии. Чем больше δ, тем меньше φ, тем больше $\cos\varphi$ и тем бо́льшая мощность выделяется в цепи. У. п. определяется соотношением между активным (r) и реактивным (x) сопротивлениями цепи, а именно тангенс У. п.

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{r}{x}$$

Понятие У. п. используется обычно лишь для характеристики потерь энергии в самой цепи (например, потерь в диэлектрике ко-



аксиального кабеля), а не в той нагрузке, на которую цепь работает. При этом значение δ бывает невелико и тангенс угла приблизительно равен самому углу, выраженному в радианах (1 *рад* ≈ 57°):

$$\delta \approx \frac{r}{x}\ [\text{рад}].$$

В хороших диэлектриках (полистирол, плавленный кварц и др.) $\delta < 0{,}001$. В плохих диэлектриках, как, например, фибра, гетинакс, текстолит, У. п. достигает нескольких сотых.

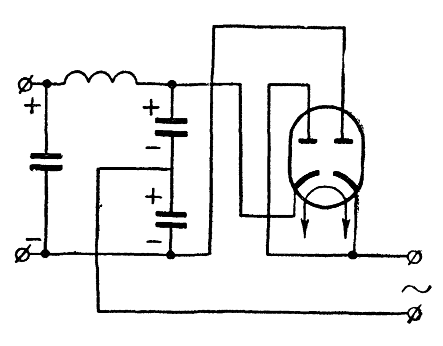
Угол раствора диаграммы направленности антенны — угол между лежащими в пределах главного *лепестка диаграммы направленности* направлениями, в которых мощность волн, излучаемых антенной, падает до нуля (У. р. д. н. а. по нулям) или до половины мощности, соответствующей максимуму главного лепестка (У. р. д. н. а. по половине мощности). Направления, в которых мощность падает до нуля (или до половины), образуют в пространстве конус, и в разных сечениях этого конуса плоскостью, проходящей через его ось, У. р. д. н. а. может быть различным. Только в случае осевой симметрии антенны У. р. д. н. а. во всех сечениях одинаков. Поэтому диаграмма направленности обычно характеризуется У. р. д. н. а. в двух сечениях — вертикальном и перпендикулярном к нему, или в двух сечениях, соответствующих максимальному и минимальному У. р. д. н. а. В некоторых случаях вместо У. р. д. н. а. в двух сечениях диаграмму направленности характеризуют одним телесным углом при вершине конуса, который образуют направления, соответствующие падению мощности до нуля или до половины; он называется телесным У. р. д. н. а. (соответственно по нулям или по половине мощности).

Угол сдвига фаз — см. *Сдвиг фаз.*

Ударное возбуждение — возбуждение *собственных колебаний* в какой-либо колебательной системе кратковременным импульсом напряжения или тока. Для того чтобы У. в. было достаточно эффективным, длительность возбуждающего импульса должна быть существенно меньше периода возбуждаемых собственных колебаний.

Уда-Яги антенна — то же, что *антенна* типа *«волновой канал»*.

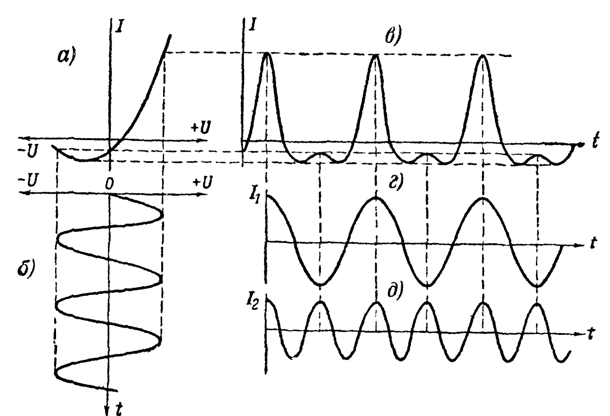
Удвоение напряжения (в выпрямителях) — получение выпрямленного напряжения, почти вдвое превышающего амплитуду питающего переменного напряжения. У. н. может быть осуществлено с помощью двух вентилей, каждый



из которых заряжает свой конденсатор до постоянного напряжения, близкого к амплитуде переменного питающего напряжения (см. рис.). Выпрямленное же напряжение снимается с этих двух конденсаторов, включенных последовательно, и поэтому почти вдвое превышает амплитуду переменного напряжения.

Удвоение частоты — случай *умножения частоты*, при котором подводимые колебания преобразуются в новые колебания с удвоенной частотой. Если синусоидальное напряжение подводится к *нелинейному проводнику*, обладающему несимметричной проводимостью, то форма тока в цепи искажается так, что в ней появляется резко выраженная вторая *гармоника*. На графике (см. рис.) *а* — несимметричная характеристика проводника; *б* — кривая подводимого гармонического напряжения; *в* — искаженная кривая тока в цепи; *г* и *д* — первая и вторая гармоники

тока в *спектре* кривой *в*. Вторая гармоника *д* может быть выделена из всего спектра при помощи на-



строенного на ее частоту колебательного контура.

Узлы (тока и напряжения) — см. *Стоячие электромагнитные волны.*

Узлы электрической цепи — точки разветвления цепи, т. е. точки, из которых провода цепи уходят больше чем в двух направлениях.

Узнающие машины — одно из названий автоматов, способных опознавать и классифицировать входные сигналы, несущие зрительную, слуховую и другую информацию. Чаще всего такие автоматы называют *опознающими устройствами* или *перцептронами.*

Укорачивающий конденсатор — конденсатор, включаемый последовательно в антенну, для настройки ее на волну более короткую, чем *собственная волна антенны.*

Ультравысокие частоты (УВЧ) — то же, что *сверхвысокие частоты.*

Ультразвуки — механические колебания высокой частоты, не слышимые человеком (выше 20 *кгц*).

Ультразвуковая модуляция света — модуляция светового потока с помощью *ультразвуковых колебаний*, создаваемых в прозрачной среде. Колебания плотности, а следовательно, показателя преломления, под влиянием таких волн располагаются настолько близко друг к другу, что образуется дифракционная решетка. В местах с большей плотностью свет распространяется медленнее. В результате на выходе светового потока из зоны действия ультразвуковых волн возникает чередующаяся разность фаз и часть светового потока отклоняется в сторону. Это явление аналогично повороту луча антенны, состоящей из системы вибраторов, питаемых токами с регулируемой разностью фаз. Интенсивность светового потока в прямом направлении уменьшается при увеличении амплитуды ультразвуковых колебаний, благодаря чему и осуществляется У. м. с.

Ультразвуковая частота — см. *Ультразвуковые колебания.*

Ультразвуковые колебания — механические колебания, частота которых больше 20 000 *гц*, не вызывающие слухового восприятия.

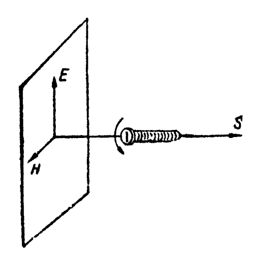
Ультразвуковые линии задержки — см. *Линии задержки.*

Ультракороткие волны (УКВ) — *радиоволны* длиной от 10 до 1 *м*, называемые иначе метровыми волнами. Иногда под УКВ понимают все волны короче 10 *м*, т. е., по-

мимо метровых, дециметровые, сантиметровые и миллиметровые. В отличие от коротких волн УКВ, как правило, непригодны для связи на большие расстояния между станциями на поверхности Земли, так как они не преломляются в *ионосфере* и, попав в высокие слои атмосферы, обычно не возвращаются на Землю. Надежная связь на УКВ возможна только на расстояниях, ненамного превышающих пределы прямой видимости. Однако УКВ обладают рядом преимуществ по сравнению с короткими волнами. На УКВ могут быть созданы гораздо более остро направленные антенны, что обеспечивает большое усиление антенны, т. е. при прочих равных условиях позволяет работать с передатчиками меньших мощностей или применять менее чувствительные приемники. Кроме того, на УКВ возможно передавать сигналы с очень широкой полосой частот. Так, например, необходимая для *телевидения* широкая полоса частот может быть обеспечена только на УКВ.

Умножение частоты — преобразование данного колебания в новое колебание с частотой, в целое число раз большей. Обычно У. ч. осуществляется в *нелинейных проводниках*, которые вносят такие искажения в форму колебаний, что появляются высшие *гармоники* данного колебания и нужная гармоника выделяется при помощи настроенного на нее колебательного контура. У. ч. применяется в коротковолновых и ультракоротковолновых передатчиках с посторонним возбуждением. Задающий генератор, особенно с кварцевой *стабилизацией частоты*, легче построить на более низкую частоту; затем путем У. ч. получают колебания более высоких частот, соответствующих коротким или ультракоротким волнам. У. ч. используется также в различных измерительных схемах.

Умова — Пойнтинга вектор — вектор плотности потока электромагнитной энергии. Направление этого вектора указывает направление распространения электромагнитной энергии в данной точке пространства, а его длина определяет в некотором условном масштабе плотность потока этой энергии, т. е. количество ее, проходящее за 1 *сек* через площадь, равную единице и перпендикулярную направлению вектора. Иначе говоря, У. — П. в. выражает мощность, проходящую через площадку, равную единице и перпендикулярную этому вектору. Направление и величина У. — П. в. в каждой точке



пространства связаны с напряженностями электрического поля E и магнитного поля H следующим образом: У. — П. в. S в этой точке направлен перпендикулярно векторам E и H в сторону поступательного движения винта, если его по кратчайшему пути поворачивать от E к H. При этом абсолютная величина (длина) вектора fS пропорциональна произведению абсолютных величин (длин) векторов E и H. Иначе говоря, У. — П. в. пропорционален (а в системе СИ равен) векторному произведению векторов E и H.

Определив значения У. — П. в. во всех точках пространства, можно подсчитать ту мощность, которую несет с собой поток электромагнитной энергии, проходящий за 1 *сек* через какую-либо замкнутую поверхность. Для этого нужно проекцию У. — П. в. на направ-

ление нормали к элементу этой поверхности умножить на площадь этого элемента поверхности и взять сумму всех этих произведений по рассматриваемой замкнутой поверхности. (Рассматриваемую поверхность нужно разбить на столь малые элементы, что приближенно их можно считать плоскими.)

История развития представлений о течении электромагнитной энергии вкратце такова. Профессор Московского университета Н. А. Умов исследовал картину течения упругой энергии при распространении упругих волн, а также некоторые случаи течения энергии электрического и магнитного полей, и первый ввел представление о векторе плотности потока энергии. Английский ученый Пойнтинг применил представление о векторе плотности потока энергии к вытекающей из теории Максвелла картине распространения электромагнитных волн.

Умформер — электрический одноякорный преобразователь, т. е. генератор и двигатель, обмотки которых расположены на одном якоре. В радиоаппаратуре чаще всего применяются У., преобразующие постоянный ток низкого напряжения в постоянный ток высокого напряжения. Они используются для питания высоким напряжением передатчиков и приемников, а сами питаются током от специальных аккумуляторов или бортовой сети (судна или самолета). Для получения нескольких высоких напряжений в У. предусмотрено несколько обмоток и коллекторов. Чтобы уменьшить фон пульсаций, У. снабжаются *сглаживающими фильтрами*.

Униполярные транзисторы — общее название управляемых полупроводниковых приборов, у которых выходная цепь образуется объемом полупроводника одного типа проводимости, т. е. не включает в себя $p - n$ переходов. К У. т. чаще всего относят различные разновидности *канальных транзисторов*, реже — *двухбазовый диод*.

Унифицированные преобразователи — то же, что *вторичные преобразователи*.

Управляемый полупроводниковый выпрямитель — разновидность управляемых *переключающих диодов*, предназначенных для использования в регулируемых выпрямительных устройствах. У. п. в. обычно отличается большими значениями рабочих токов и обратных напряжений и пригоден для управления большими мощностями. У. п. в., изготавливаемые из кремния, называют также кремниевыми управляемыми вентилями.

Управляющая вычислительная машина — специализированная вычислительная машина, предназначенная для управления технологическим, производственным процессом или размещаемая на подвижном объекте (самолете, корабле и т. п.). Применение У. в. м. позволяет осуществить высшую степень автоматизации производственного или технологического процесса. На подвижных объектах У. в. м. дает возможность производить оптимальное управление режимами движения, что при современных скоростях и требуемых точностях недостижимо для человека. Положителен результат использования У. в. м. на железнодорожном транспорте («автомашинист»), на ряде военных объектов (подводные лодки, реактивные самолеты, ракеты). Помимо функций управления, У. в. м. решают задачи, связанные с обработкой различной информации, навигацией и др. У. в. м. по сравнению с универсальными машинами имеют менее развитую систему *команд*, более простую структуру и значительно меньшую емкость *оперативного запоминающего устройства*. Для У. в. м. характерно полное отсутствие внешних *накопителей*, но обычно наличие довольно боль-

ших *постоянных запоминающих устройств*, где хранятся *программы* решаемых задач и необходимый числовой массив. Связь У. в. м. с объектом управления осуществляется посредством *цифро-аналоговых преобразователей* и цифровых следящих систем.

Управляющая сетка — см. *Сетка*

Управляющее напряжение — результирующее напряжение электродов электронной лампы, определяющее изменения величины ее анодного (или какого-либо иного электронного прибора). В простейшем случае трехэлектродной лампы переменное напряжение подается на ее сетку, и если напряжение на аноде постоянно, то У. н. равно напряжению на сетке. Однако вследствие *анодной реакции* при подаче переменного напряжения на сетку изменяется и напряжение на аноде, и эти изменения, в свою очередь, влияют на величину анодного тока лампы. Поэтому У. н. определяется как результат одновременного действия переменного напряжения на сетке u_c и изменения напряжения на аноде Δu_a. Так как напряжение на аноде действует на величину анодного тока в μ раз слабее, чем напряжение на сетке (μ — *коэффициент усиления электронной лампы*), то управляющее напряжение

$$u_y = u_c + \frac{\Delta u_a}{\mu}.$$

В случае лампы, имеющей более трех электродов, выражение для У. н. может оказаться более сложным.

Управляющий электрод — электрод, на который подается напряжение, управляющее анодным током электронной лампы (или какого-либо иного электронного прибора). В случае трехэлектродной лампы У. э. является сетка лампы; в многоэлектродной лампе одна из сеток служит У.э , а другие сетки предназначены для улучшения характеристик лампы и устранения различных вредных эффектов. В многоэлектродных лампах, одновременно выполняющих несколько функций, например в лампах для *преобразования частоты*, сразу несколько сеток могут выполнять роль У. э.

Уравнивающие импульсы — импульсы, аналогичные строчным синхронизирующим импульсам и находящиеся точно в середине интервала между последними на передней и задней площадках вертикального гасящего импульса. У. и. на сигнале кадровой (вертикальной) *синхронизации* образуют дополнительные вырезки. У. и. служат для уравнения условий формирования импульса синхронизации полей (кадров) на выходе интегрирующей цепи, разделяющей строчные и кадровые импульсы в телевизорах. Их отсутствие приводило бы к *слипанию строк чересстрочной развертки*.

Уровень — термин, применяемый при количественной оценке электрических и акустических сигналов и помех в электроакустических системах связи и означающий, что та или иная величина измерена прибором (например, *импульсметром*), имеющим определенное *время интеграции*, и выражена в относительных единицах. Чаще всего данный термин используется при относительной оценке напряжений, токов, *звуковых давлений, интенсивностей звука*. У. оценивается по отношению к некоторой заранее известной одноименной величине, причем это отношение выражают в логарифмических единицах (*децибелах, неперах*). При оценке величин, изменение которых носит случайный (не гармонический и не периодический) характер, применяется термин «динамический уровень», т. е. меняющийся во времени. Термин *абсолютный уровень* акустических величин означает, что та или иная величина оценивается в логарифми-

ческих единицах по отношению к одноименной величине, соответствующей *порогу слышимости* при частоте 1000 *гц* (см. *Громкость*). Абсолютный уровень электрических величин оценивается в логарифмических единицах по отношению к одноименной величине, соответствующей мощности, равной 1 *мвт*, расходуемой на сопротивлении 600 *ом*. При оценке напряжения такой величиной является $U_0 = 0{,}775$ *в*, при оценке тока $I_0 = 1{,}29 \cdot 10^{-3}$ *а*. Если, например, известно, что абсолютный уровень напряжения U равен 40 *дб*, то это означает, что $40 = 20 \lg \frac{U}{U_0}$, т. е. речь идет о напряжении $U = 77{,}5$ *в* (на сопротивлении 600 *ом*).

Уровень белого — уровень, соответствующий максимальному напряжению или току сигнала при передаче наиболее яркого участка изображения.

Уровень гашения — уровень напряжения на *модуляторе* электронно-лучевой трубки, запирающий луч.

Уровень Ферми — уровень энергии $E_ф$ (см. *Распределение Ферми — Дирака*), вероятность заполнения которого равна 0,5. Понятие об У. Ф. широко используется в теории полупроводников и полупроводниковых приборов. Одно из важнейших свойств У. Ф. заключается в том, что его положение на энергетической диаграмме (см. *Зонная теория*) для находящихся в контакте твердых тел (полупроводников, металлических проводников) одинаково, даже если в изолированном состоянии у этих тел энергии У. Ф. различны. Это обстоятельство позволяет легко строить энергетические диаграммы контактов, *p — n* переходов и определять величины *потенциальных барьеров*, *контактных разностей потенциалов* и др.

Уровень чернее черного — уровень вершин *импульсов синхронизации*, расположенный по отношению к уровню черного по другую сторону от *сигнала изображения*.

Уровень черного — уровень напряжения или тока *сигнала изображения*, соответствующий передаче участка с нулевой яркостью. Мгновенное значение сигнала отсчитывается от У. ч.

Уровни импульсного сигнала — см. *Импульс*.

Усиление антенны — выигрыш в мощности за счет *направленного действия антенны*. У передающих антенн выигрыш достигается благодаря тому, что для получения данной напряженности поля в точке приема, лежащей в направлении максимума *диаграммы направленности*, требуется меньшая мощность, чем при ненаправленной антенне (воображаемой антенне, излучающей равномерно во все стороны). В случае приемной антенны выигрыш достигается потому, что при данной напряженности поля в месте приема от приходящей в направлении максимума диаграммы направленности электромагнитной волны отбирается бо́льшая мощность (чем при воображаемой ненаправленной антенне).

Эффект, даваемый направленной антенной (по сравнению с воображаемой ненаправленной) в результате перераспределения излучения и сосредоточения энергии в нужном направлении (в передающей антенне) или благодаря лучшему использованию энергии, приходящей из заданного направления (в случае приемной антенны), выражается *коэффициентом направленного действия антенны*. Однако фактический выигрыш в мощности зависит также от того, какую часть всей подводимой к антенне мощности составляет мощность излучаемых волн или какая часть принимаемой мощности может быть использована в приемнике, т. е. зависит от к. п. д. антенны. Поэтому окончательный выигрыш в мощности выражается произведением коэффициента направленного

действия на к. п. д. данной направленной антенны; это произведение называют коэффициентом У. п.

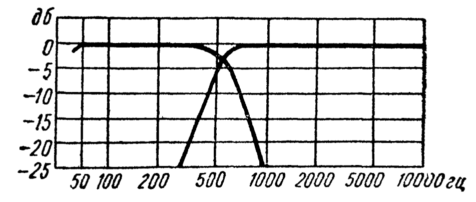
Усиление класса А, В, С — см. *Классы усиления.*

Усилители систем автоматического управления — устройства, предназначенные для усиления мощности входной величины, поступающей от весьма маломощных датчиков, до уровня, достаточного для управления мощными исполнительными устройствами. У. с. а. у. могут быть электронными, полупроводниковыми, магнитными, электромашинными, пневматическими и гидравлическими. Одна из основных особенностей У. с. а. у. состоит в том, что они должны обладать очень большим коэффициентом усиления по мощности. Мощность на выходе у некоторых из них достигает нескольких десятков киловатт при мощности на входе 10^{-6}—10^{-10} *вт.* Поэтому такие усилители выполняются комбинированными (например, электронно-магнитно-гидравлическими, электронно-электромашинными и т. д.). Их входная часть обычно построена на электронных, магнитных или полупроводниковых элементах, обеспечивающих надлежащее согласование высокоомных первичных датчиков и преобразователей с более мощными выходными усилителями мощности. Применение для усиления больших мощностей пневмо- и гидроусилителей объясняется тем, что они обладают большим коэффициентом усиления, надежностью, простотой и компактностью конструкции. Пневматические и гидравлические исполнительные устройства конструктивно удобно связываются со своими усилителями мощности. Электромашинные усилители и магнитные усилители являются усилителями мощности для исполнительных электродвигателей.

Усилитель — устройство для усиления напряжений и токов при помощи электронных ламп, полупроводниковых триодов или другими методами, например *магнитными* и *диэлектрическими усилителями.* У. применяются как для увеличения напряжения, так и для увеличения мощности. Обычно У. выполняют одновременно обе задачи. Когда амплитуды подводимых напряжений уже достаточно велики, но подводимая мощность недостаточна, применяют У. только для увеличения мощности (см. *Ламповый усилитель*).

Усилитель высокой частоты (ламповый) — усилитель, предназначенный для усиления колебаний высокой частоты, *спектр* которых обычно занимает сравнительно узкую полосу частот. Поэтому У. в. ч., как правило, не должен усиливать в широкой полосе частот одновременно, но зато должен перестраиваться в пределах того или иного диапазона частот (при приеме различных станций). В качестве У. в. ч. обычно используются *резонансные ламповые усилители,* которые могут обеспечить усиление в нужной полосе частот и перекрытие некоторого диапазона частот путем перестройки колебательных контуров усилителя.

Усилитель двухканальный — усилитель электрических сигналов звуковых частот, на входе которого имеется разделительный

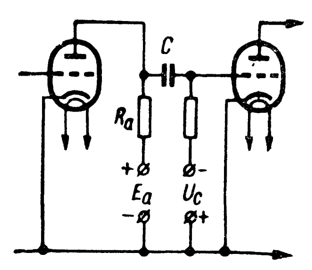


каскад, осуществляющий разделение рабочего диапазона частот на два участка. Разделительный каскад выполняет роль фильтра

(см. рис.) с большой крутизной спада в области частоты деления (обычно порядка 700 *гц*) и имеет два выхода: на один подаются компоненты сигнала с частотами ниже 700 *гц*, на другой — выше 700 *гц*. Далее следуют усилители тех и других сигналов. У. д. применяется при воспроизведении звука двумя *громкоговорящими агрегатами*, каждый из которых воспроизводит соответствующий участок частотного диапазона; этим достигается улучшение качества воспроизведения.

Усилитель записи — схема для формирования импульсов тока записи. В частности, в *запоминающих устройствах* со словарной организацией У. з. формирует разрядные импульсы токов записи. Входными сигналами для У. з. являются либо сигналы из цепей регенерации, либо сигналы *кода*, который должен быть записан извне. Более правильное название У. з. — *формирователь* (импульсов тока) записи.

Усилитель на сопротивлениях (ламповый) — усилитель, в котором *анодной нагрузкой* служит активное сопротивление. Так как У. н. с. в большинстве случаев является промежуточным или предварительным усилителем (но не оконечным), то получающееся на сопротивлении в анодной цепи усиленное напряжение через переходную емкость передается на следующий каскад. У. н. с. дает достаточно равномерное усиление в широкой полосе частот, поскольку активное сопротивление нагрузки не зависит от частоты. Однако на более высоких частотах *паразитные емкости* монтажа и лампы, включенные параллельно активному сопротивлению, заметно уменьшают *полное сопротивление* анодной нагрузки, вследствие чего усиление снижается. Поэтому трудно построить У. н. с. для колебаний с частотой выше десятка мегагерц. С другой стороны, на низших частотах значительно возрастает сопротивление переходной емкости между каскадами, уменьшается напряжение, передаваемое на следующий каскад, и усиление также падает. Ввиду этого также трудно построить У. н. с. для колебаний с частотой ниже нескольких десятков герц.



У. н. с. применяются для усиления низкой частоты там, где важны их основные преимущества, которые заключаются в простоте конструкции и дешевизне и наряду с этим в возможности получения равномерного усиления в широкой полосе частот (от десятков герц до нескольких мегагерц).

Усилитель низкой частоты (ламповый) — усилитель, предназначенный для усиления колебаний низкой (звуковой) частоты. Поскольку диапазон звуковых частот сравнительно узок — примерно от 50 *гц* до 10 *кгц*, то в качестве У. н. ч. могут быть применены как усилители на трансформаторах или усилители на дросселях, так и *усилители на сопротивлениях*. Все эти усилители позволяют получить более или менее одинаковое усиление во всей требуемой полосе частот.

Усилитель-ограничитель — усилитель электрических сигналов *звуковых частот*, уменьшающий *коэффициент усиления*, если *уровень* сигнала на входе превысит определенное номинальное значение. Применяется в технике радио- и проводного *вещания* для защиты

последующих элементов системы вещания от чрезмерно больших напряжений, при которых могут возникнуть нелинейные искажения. Отличается от *усилителя-сжимателя* тем, что изменение коэффициента усиления осуществляется только при превышении *номинального уровня* входного сигнала, а от *пикосрезателя* тем, что относится к числу регуляторов, реагирующих на огибающую (а не на мгновенные значения) входного сигнала.

Усилитель постоянного тока (ламповый) — усилитель, предназначенный для усиления очень медленно изменяющихся напряжений или токов. В качестве анодных нагрузок в У. п. т. используются только активные сопротивления, так как дроссели или трансформаторы для столь медленно изменяющихся токов представляют собой очень малые сопротивления. С другой стороны, переходные емкости между анодом и сеткой ламп усилителя для этих медленно изменяющихся токов представляли бы очень большие сопротивления. Поэтому У. п. т. строятся по типу *усилителей на сопротивлениях*, но без переходных емкостей. Для того чтобы высокое напряжение с анода одной лампы не попадало на сетку следующей, приходится применять специальные схемы питания, усложняющие эксплуатацию У. п. т. Поэтому У. п. т. используют лишь в тех случаях, когда его нельзя заменить усилением переменных токов.

Усилитель промежуточной частоты (ламповый) — усилитель, предназначенный для усиления колебаний, занимающих некоторую полосу частот с фиксированной средней частотой, равной промежуточной частоте и лежащей в диапазоне высоких частот. Наиболее подходящим типом усилителя для решения этой задачи является *резонансный усилитель*, наладка и эксплуатация которого упрощаются, так как не требуется перестройки частоты по диапазону. Но, с другой стороны, задача усложняется необходимостью обеспечить усиление в той же полосе частот, что и в предварительном усилителе высокой частоты, в то время как средняя частота в У. п. ч. обычно значительно ниже, чем в усилителях высокой частоты (преобразование частоты в *супергетеродинах* происходит обычно с значительным ее понижением). Иначе говоря, относительная ширина *полосы пропускания* в У. п. ч. гораздо больше, чем в *усилителе высокой частоты*. Поэтому в У. п. ч. приходится принимать специальные меры для расширения полосы; например, вместо отдельных колебательных контуров в качестве анодных нагрузок применяют сильно связанные *колебательные контуры*, полоса пропускания которых может быть сделана значительно большей, чем отдельного контура.

Усилитель-расширитель (экспандер) — усилитель электрических сигналов *звуковых частот*, увеличивающий *коэффицент усиления* при увеличении *уровня* сигнала на входе. Применяется в технике радио- и проводного *вещания* для восстановления *динамического диапазона*, сокращенного *усилителем-сжимателем*. При наличии в системе радио- или *проводного вещания* каких-либо элементов с высоким уровнем шумов, в начале ставится усилитель-сжиматель, а в конце У. Такая система, состоящая из согласованных усилителей — сжимателя и расширителя, называется компандерной системой и позволяет увеличить помехозащищенность канала связи за счет сильного сокращения динамического диапазона сигналов, передаваемых через устройство с высоким уровнем шумов (например, по линиям *междугородного вещания*) и последующим восстановлением этого диапазона. Всякого рода *помехи*, уровень которых не

превосходит уровня полезного сигнала, передаются У. с наименьшим коэффициентом усиления и их слышимость понижается.

Усилитель-сжиматель (компрессор) — усилитель электрических сигналов *звуковых частот*, уменьшающий *коэффициент усиления* при увеличении *уровня* сигнала на входе. Широко применяется в технике радио- и проводного *вещания* для сокращения *динамического диапазона* передаваемых сигналов. Этим предотвращается опасность перегрузки последующих элементов системы вещания, а также увеличивается помехозащищенность данной системы, так как слабые сигналы передаются с наибольшим коэффициентом усиления. У. также применяется в системах *звукоусиления*, рассчитанных на воспроизведение звука в условиях шумного помещения. У., так же как *усилитель-расширитель*, относится к числу автоматических регуляторов уровня, реагирующих на огибающую (а не мгновенные значения) сигнала; это означает, что при неизменном уровне входного сигнала коэффициент усиления является постоянной величиной и система линейна. Нелинейные искажения могут возникнуть только во время изменения уровня входного сигнала (т. е. в переходном режиме); этим У. отличается от регуляторов, реагирующих на мгновенные значения сигнала (например, *пикосрезатели*).

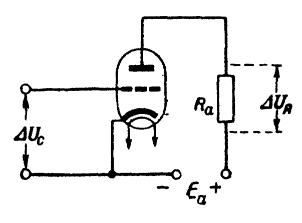
Усилитель считывания — электронная схема для регистрации сигналов считывания с выбранного *запоминающего элемента накопителя* («числового куба»). У. с. представляет собой импульсный усилитель, состоящий из нескольких каскадов. Сигнал считывания сначала усиливается в предварительных каскадах, затем производится временно́е *стробирование* (выделение) сигнала, далее осуществляется *дискриминация* сигналов «0» и «1» и, наконец, усиление сигнала до нужного уровня, который зависит от нагрузки на выходе. Сложность схемы У. с. зависит от характеристик сигнала считывания, особенно от амплитуды и длительности сигнала. Чем слабее и короче сигнал, тем сложнее схема У. с. В современных быстродействующих запоминающих устройствах (например, на тонких *магнитных пленках*) сигнал считывания может иметь величину порядка долей милливольта и длительность от нескольких единиц до нескольких десятков наносекунд. При этих условиях У. с. будет многокаскадным. При больших сигналах схема У. с. может быть упрощена за счет совмещения в одном каскаде нескольких функций.

У. с. отличается от *видеоусилителей* по ряду характеристик: 1) он должен работать в присутствии помех, превосходящих полезный сигнал в десятки и сотни раз; 2) должен работать в ключевом режиме, в отличие от видеоусилителя, который обычно работает в линейном режиме; 3) частота следования импульсов в У. с. может меняться от единиц герц до предельных частот, определяемых циклом обращения к запоминающему устройству; 4) У. с. должен производить временно́е выделение сигнала и осуществлять функцию различения сигналов «0» и «1».

Усилительная лампа — *электронная лампа* для усиления электрических колебаний (а иногда и постоянных напряжений). Применение электронной лампы для усиления электрических напряжений основано на том, что изменение напряжения, подведенного к управляющей сетке лампы, влияет на анодный ток значительно сильнее, чем изменение напряжения на аноде. Благодаря этому на анодном сопротивлении $R_а$ (см. рис.) можно получить более сильное изменение напряжения ΔU_R, чем вызвавшее его изменение сеточного напряжения $\Delta U_с$. Усиление, получаемое

с помощью лампы, т. е. отношение $\Delta U_R/\Delta U_c$, зависит от параметров самой лампы и от величины сопротивления анодной нагрузки R_a.

Если R_a велико по сравнению с внутренним сопротивлением лампы, то анодный ток очень мало зависит от напряжения на сетке, так как в случае двух последовательных сопротивлений, из которых одно гораздо больше другого,



ток определяется главным образом величиной большего сопротивления. Но если при изменении напряжения на сетке на величину ΔU_c анодный ток почти не изменяется, то это может произойти только потому, что на аноде лампы появляется изменение напряжения ΔU_a, которое примерно так же влияет на анодный ток, как и ΔU_c, но в обратную сторону. Для этого отношения $\Delta U_a/\Delta U_c$ как раз должно быть равно *коэффициенту усиления* лампы. На ΔU_a и ΔU_R всегда равны по величине (и обратны по знаку); следовательно, в данном случае усиление напряжения приблизительно равно коэффициенту усиления лампы.

Если же R_a гораздо меньше внутреннего сопротивления лампы, то изменение анодного тока при изменении напряжения на сетке происходит почти так же, как и в отсутствие сопротивления R_a, т. е. при изменении сеточного напряжения на величину ΔU_c анодный ток изменяется на $\Delta I_a = S\Delta U_c$, где S — *крутизна характеристики электронной лампы*. При этом падение напряжения на R_a изменяется на величину

$$\Delta U_R = R_a\Delta I_a = R_a S\Delta U_c$$

и, следовательно, усиление равно

$$\frac{\Delta U_R}{\Delta U_c} = R_a S.$$

Хотя рассмотренные режимы работы лампы являются предельными и на практике обычно не реализуются точно, они показывают, какие свойства лампы играют роль в тех или других случаях. При больших значениях R_a усиление определяется величиной коэффициента усиления лампы, в случае малых R_a решающую роль играет крутизна характеристики лампы. Особенностью электронной лампы является то, что при управлении анодным током с помощью сеточных напряжений в цепи сетки обычно потребляется очень малая мощность. В то же время в анодной цепи за счет энергии источника анодного напряжения может быть выделена значительно бо́льшая мощность. Если колебания, усиленные данной лампой, предназначаются для дальнейшего усиления в следующем каскаде, то в анодной цепи предыдущего каскада не требуется значительной мощности. Поэтому для работы лампы в этом случае подбираются такие условия, чтобы она давала в анодной цепи большое напряжение, а не большую мощность (усиление напряжений). Если же усиленные лампой колебания должны иметь значительную мощность, например для питания громкоговорителя, то сама лампа и условия ее работы, например величина анодной нагрузки, выбираются в соответствии с этим требованием (усиление мощности).

Усилительный каскад — то же, что *каскад усиления*.

Условный переход — одна из *команд* управления в цифровой вычислительной машине, которая позволяет осуществлять разветвления в *программах* решения задач. По

команде У. п. производится исследование содержимого некоторого *регистра*, где хранится признак ω, принимающий два значения: 0 и 1. Если $\omega = 0$, программа выполняется в естественном порядке следования команд; если $\omega = 1$, происходит передача управления к номеру команды, указанному в адресной части команды У. п. Благодаря наличию команды У. п. удается программировать задачи, в которых ход вычислений зависит в некоторых местах от неизвестных заранее результатов вычислений.

Успокоитель (в измерительных приборах) — специальное приспособление для *демпфирования* колебаний подвижной системы прибора.

Устанавливающиеся процессы — то же, что *нестационарные процессы*.

Устойчивость — см. *Критерии устойчивости*.

Устройство ввода — составная часть внешнего оборудования цифровой вычислительной машины, осуществляющая ввод дискретной информации во внутреннее *запоминающее устройство*. В качестве У. в. наиболее широко используются устройства, работающие с перфокартами и перфолентой. Для повышения скорости ввода в новых машинах применяются У. в. с магнитной лентой, но первичным документом и в этом случае служат перфолента или перфокарты, информация с которых переписывается на магнитную ленту. Начальным звеном в цепи ввода информации в цифровую вычислительную машину является человек — оператор, который подготавливает первичные документы: перфокарты и перфоленты. В управляющих цифровых вычислительных машинах ввод производится от *аналого-цифровых преобразователей* (напряжение — код, угловое положение вала — код, временной интервал — код). Некоторые данные могут устанавливаться на пульте управления и вводиться вручную. *Программа* работы управляющей цифровой вычислительной машины вводится в *постоянное запоминающее устройство* при его изготовлении.

Устройство вывода — составная часть внешнего оборудования цифровой вычислительной машины, служащая для вывода из оперативного или буферного *запоминающего устройства* обработанной информации. К У. в. универсальных цифровых вычислительных машин относятся печатающие устройства, У. в. на перфокартах и магнитных лентах и различные цифровые индикаторы, размещаемые на пульте управления. При высоких скоростях работы проблема вывода становится весьма важной, особенно при использовании цифровых вычислительных машин для обработки больших массивов статистической информации.

Печатающие устройства могут печатать цифровую или буквенно-цифровую информацию на бумажной ленте. В сравнительно медленных машинах предусмотрен режим, когда машина работает непосредственно на печатающее устройство; в это время вычисления не производятся. В скоростных машинах вывод непосредственно на печать не делается; обработанная информация сначала переписывается с высокой скоростью в какой-нибудь промежуточный *накопитель* (например, в *магнитный барабан* или накопитель на магнитной ленте), а затем выводится на печать. Иногда вывод из промежуточных накопителей производится на перфокарты, так как перед печатью часто требуется выводимую информацию как-то классифицировать, а перфокарты для этого весьма удобны. В управляющих цифровых вычислительных машинах вывод на печать обычно не нужен. В этих машинах вывод данных производится на *цифро-аналоговые преобразователи* (код — угловое положение,

код — напряжение, код — временной интервал), на цифровые следящие системы и — очень редко — непосредственно на регистрирующие приборы или исполнительные механизмы.

Устройство управления — часть цифровой вычислительной машины, в которой производится расшифровка кода *команды* и выполнение требуемой операции. У. у. представляет в схемном отношении набор различных логических и переключательных схем. Обычно в У. у. можно выделить следующие узлы: блок адресов команд, *регистр* команд, дешифратор кода операции и схемы выработки управляющих импульсов. В блоке адресов команд хранится *адрес* команды, по которому она извлекается из внутреннего оперативного или постоянного *запоминающего устройства*. В одноадресных машинах этот блок команд представляет собой счетчик и часто так и называется — *счетчик команд*. В данном случае адрес следующей команды образуется прибавлением единицы к предыдущему адресу, если нет команды перехода. В многоадресных машинах необходимости в таком счетчике нет.

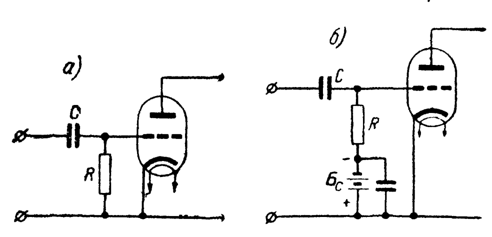
Код команды, извлеченный из памяти, хранится в регистре команд. Операционная часть кода команды расшифровывается дешифратором операций, и У. у. оказывается готовым к выполнению заданной операции. Адресная часть кода команды поступает в адресные регистры запоминающих устройств для выборки операнда. Небольшое число разрядов в коде команды отводится под специальные признаки, которые, например, могут определять режим работы арифметического устройства — с нормальной или двойной точностью — или указывать необходимость модификации адреса или кода операции. Модификация команд может выполняться на специальных регистрах — модификаторах, которые относятся к У. у. Иногда, с целью экономии оборудования, модификация осуществляется в самом арифметическом устройстве.

Выполнение какой-либо арифметической или логической операции в арифметическом устройстве производится путем подачи на управляющие входы соответствующих *триггеров* (или вентилей) управляющих импульсов или стробов. При воздействии на триггер импульса он перебрасывается в противоположное состояние; вентиль, на который был подан строб, оказывается подготовленным к пропусканию сигналов и т. д. Выработка таких элементарных приказов производится с помощью распределителей импульсов, представляющих собой кольцевые счетчики или закольцованные *сдвигающие регистры* с записанной в них единицей. Возбужденный выход дешифратора операций заводится на ряд *логических схем*, куда также поступают нужные импульсы от распределителя; этого достаточно, чтобы однозначно выбрать только те управляющие импульсы, которые нужны для выполнения данной операции.

Если рассматривать элементарные приказы как микрокоманды, то алгоритм любой операции представляет собой микропрограмму — набор ряда микрокоманд, выполняемых в определенной временно́й последовательности. Микропрограммы можно хранить в специальном запоминающем устройстве, откуда они извлекаются обычным образом. Метод построения У. у., основанный на использовании этой идеи, получил название микропрограммного метода. Благодаря этому методу можно строить цифровые вычислительные машины с очень гибкой внутренней структурой.

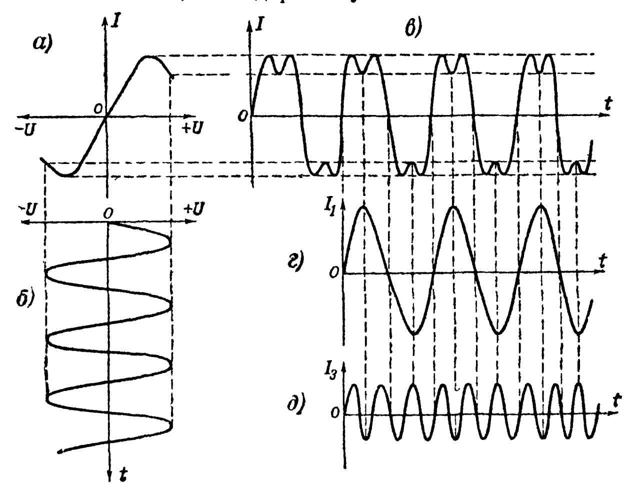
Утечка сетки (гридлик) — активное сопротивление, включаемое между сеткой и катодом электрон-

ной лампы. У. с. открывает путь к катоду для электронов, попадающих на сетку в случае, когда в ее цепь включен последовательно конденсатор *C* (см. рис. *а*); У. с. позволяет также подать на сетку отрицательное напряжение смещения (см. рис. *б*). В усилителях У. с. включается для подачи отрицательного смещения, необходимого для правильного выбора рабочей точки на характеристике лампы. Чтобы лампа работала как детектор, У. с. включается без подачи отрицательного смещения (иногда даже с небольшим положительным смещением), и тогда возникают сеточные токи, благодаря которым осуществляется *сеточное детектирование*. В ламповых генераторах У. с. часто включается для создания за счет сеточного тока отрицательного смещения на сетке, уменьшающего среднее значение анодного тока лампы, вследствие чего уменьшаются расход тока от источника высокого напряжения и разогрев анода.



Утечки (в диэлектрике) — *ток проводимости* в диэлектрике, обусловленный тем, что всякий диэлектрик обладает некоторой проводимостью, т. е. имеет удельное сопротивление, не равное бесконечности. Токи У. вызывают потери энергии в диэлектрике на его нагревание. Поэтому чем меньше У. в диэлектрике, тем лучшим изолятором в цепях постоянного тока является этот диэлектрик. В цепях переменного тока потери энергии могут вызываться не только У., но и другими *диэлектрическими потерями*.

Утроение частоты — случай *умножения частоты*, при котором подводимые колебания преобразуются в новые колебания с утроенной частотой. У. ч. в отличие от *удвоения частоты* происходит в *нелинейных проводниках*, обла-



дающих симметричной проводимостью. На графике (см. рис.) кривая *а* — характеристика нелинейного проводника с симметричной проводимостью; *б* — подводимое синусоидальное напряжение; *в* — искаженный ток в цепи; *г* и *д* — первая и третья гармоники спектра *кривой в*. Третья гармоника при У. ч. выделяется при помощи настроенного на нее колебательного контура.

Уходы частоты — уклонение частоты колебаний генератора от той номинальной, на которой он должен работать. У. ч. вызываются изменениями электрического и теплового режимов генератора. У. ч. могут носить характер колебаний около номинальной частоты или длительного изменения частоты в одном направлении — дрейф частоты.

Ф

Фаза — состояние (стадия) периодического процесса. Более определенный смысл понятие Ф. имеет в случае *гармонических колебаний*. На практике обычно играет роль начальная Ф. гармонического колебания или *сдвиг фаз* между данными гармоническими колебаниями. Термин Ф. нередко, для краткости, применяют для обозначения как начальной Ф., так и сдвига Ф.

Фазовая манипуляция — изменение фазы высокочастотного колебания, производимое с целью передачи радиотелеграфных сигналов, аналогично тому, как при обычной телеграфной манипуляции. Для приема сигналов, передаваемых посредством Ф. м., приемник должен иметь *фазовый детектор*.

Фазовая модуляция — метод *модуляции*, состоящий в изменении фазы высокочастотного колебания в соответствии с амплитудой модулирующего напряжения. Ф. м. применяется (как и другие виды модуляции) для передачи сигналов при помощи высокочастотных колебаний. Ф. м. тесно связана с *частотной модуляцией*. В самом деле, при постоянной частоте фаза колебания изменяется с постоянной скоростью на угол 2π за один период колебания T. Это значит, что $2\pi/T$ есть скорость изменения фазы колебания. С другой стороны, угловая частота колебания $\omega = 2\pi/T$, т. е. постоянная угловая частота равна постоянной скорости изменения фазы колебания. Так же связаны между собой угловая частота колебаний и скорость изменения фазы колебаний и в том случае, когда эта скорость не остается постоянной, но при переменной скорости изменения фазы колебаний переменной оказывается и частота колебаний. Однако законы изменения фазы и частоты колебаний несколько различны. В частности, Ф. м. эквивалентна частотной модуляции, но с иным законом модуляции. Для преобразования фазово-модулированного колебания в колебание, повторяющее модулирующее напряжение, необходимо применять *фазовый детектор*.

Фазовая селекция — разделение колебаний, различающихся по фазе. Ф. с. может быть осуществлена с помощью специальных схем, амплитуда колебаний на выходе которых зависит от сдвига фазы подводимого колебания по отношению к фазе вспомогательного колебания той же частоты.

Фазовая скорость — см. *Скорость распространения электромагнитных волн*.

Фазовая фокусировка — см. *Клистрон* и *Магнетрон*.

Фазово-импульсная модуляция — см. *Импульсная модуляция*.

Фазово-частотная характеристика — зависимость сдвига по фазе (φ) между синусоидальными сигналами на выходе и входе данного устройства от частоты (ω) передаваемого сигнала при постоянной амплитуде сигнала на входе. Если

указанный сдвиг фаз прямо пропорционален частоте (т. е. $\varphi = r\omega$), то данное устройство (например, усилитель) не изменяет формы передаваемых сигналов, т. е. не вносит фазовых искажений. Постоянный коэффициент пропорциональности (r) имеет размерность времени и определяет задержку во времени сигнала на выходе по сравнению с сигналом на входе.

Фазовращающая цепь (фазовращатель) — цепь, в которой фаза напряжения на выходе сдвигается относительно фазы напряжения на входе на определенную величину, значение которой можно изменять.

Фазовые искажения — нарушение соотношений между фазами различных колебаний при прохождении их через какую-либо цепь (например, через усилитель). При передаче периодических сигналов, состоящих из нескольких гармонических составляющих, Ф. и. на слух не воспринимаются. При речевых передачах Ф. и. воспринимаются в виде характерных присвистов в конце шипящих и свистящих звуков речи (ш, щ, с). При телевизионных передачах Ф. и. вызывают искажение изображения.

Фазовый детектор — устройство для преобразования модулированного по фазе колебания (см. *Фазовая модуляция*) в колебание, повторяющее модулирующее напряжение. Поскольку фазовая модуляция связана с частотной модуляцией, но законы той и другой при одном и том же модулирующем напряжении различны, в качестве Ф. д. может быть применен *частотный детектор*. При этом с помощью специальных цепей должны быть скомпенсированы различия между законами фазовой и частотной модуляции. Применяются также специальные Ф. д., в которых выходной ток зависит от сдвига фаз между принимаемым промодулированным по фазе напряжением и некоторым опорным напряжением, имеющим постоянную частоту, т. е. меняющуюся с постоянной скоростью фазу.

Фазовый метод определения расстояний — метод, основанный на измерении разности фаз электромагнитного колебания, излучаемого передатчиком и отраженного от объекта, до которого измеряется расстояние (см. *Радиодальномеры*).

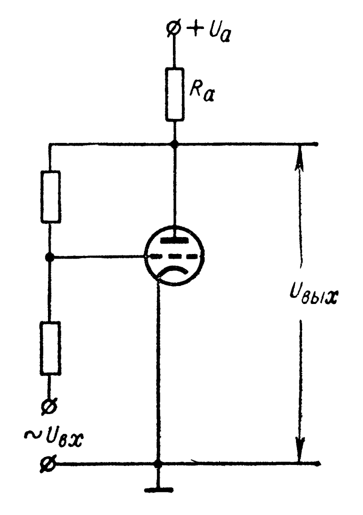
Фазовый угол — см. *Гармонические колебания*.

Фазоинвертор (фазорасщепитель) — усилительный каскад, включаемый перед двухтактным каскадом усиления мощности. Ф. предназначен для формирования на выходе двух симметричных выходных сигналов противоположной полярности при несимметричном входном. Простейший Ф. может быть выполнен в виде трансформатора с несимметричной первичной обмоткой и симметричной вторичной, имеющей выведенную заземленную среднюю точку. Существует много различных бестрансформаторных Ф. Наиболее часто применяются Ф. с разделенной нагрузкой, с катодной (или эмиттерной) связью, с общим катодом.

Фазометр — прибор для измерения разности фаз двух колебаний Ф. для низких частот строится обычно по принципу электродинамических приборов, у которых отклонение подвижной системы зависит от угла сдвига фаз между токами. На высоких частотах создание Ф., непосредственно отсчитывающих угол сдвига фаз, встречает затруднения. Поэтому применяются различные косвенные методы измерения разности фаз двух колебаний, например метод определения разности фаз по форме фигур Лиссажу (см. *Лиссажу фигуры*) на экране электронно-лучевой трубки. Для измерения разности фаз пользуются также прокалиброванными *фазовращающими цепями* к индикаторам нулевой разности фаз. В качестве индикатора нулевой разности фаз особенно удобно пользоваться фигурой Лис-

сажу, которая при нуле разности фаз вытягивается в прямую. Подбирая положение фазовращателя, при котором сдвиг фаз на выходе становится равным нулю, по калибровке фазовращателя определяют сдвиг фаз между двумя колебаниями.

Фазосдвигающие цепи (устройства) — активные и пассивные четырехполюсники или вращающиеся электрические машины переменного тока, сдвигающие фазу выходного сигнала по отношению к входному на определенный угол.

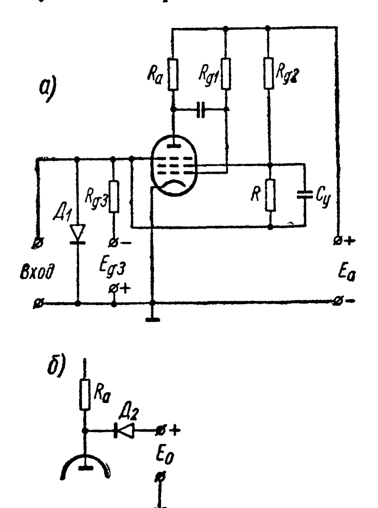


Ф. ц. состоят из переменных сопротивлений и емкостей или сопротивлений и индуктивностей. Примером простейшей Ф. ц., сдвигающей выходное напряжение на 180° по отношению к входному, является трансформатор, вторичная обмотка которого имеет средний вывод. В ряде случаев Ф. ц. должны иметь амплитудную характеристику, равную единице, не зависящую от сдвига фазы. Такими свойствами обладают мостовые схемы, у которых сопротивления и емкости в противоположных плечах равны. Другим примером Ф. ц. является реактивная лампа (см. рис.). Переменные составляющие анодного тока и напряжения у такой лампы сдвинуты на требуемый угол. Управление реактивным сопротивлением лампы осуществляется посредством изменения напряжения смещения на управляющей сетке. Существенное значение для работы реактивной лампы имеет сопротивление обратной связи. Вместо реактивной лампы может быть также использован транзистор.

Фазочастотная характеристика — график, выражающий зависимость сдвига фаз между переменными напряжениями на входе и выходе какой-либо цепи от частоты переменного напряжения. Для того чтобы форма сигналов, распространяющихся по этой цепи, не искажалась, Ф. х. должна быть прямолинейной в пределах всего *спектра* частот сигналов.

Фазочувствительные усилители-выпрямители — усилители, которые одновременно с усилением медленно изменяющейся огибающей преобразуют напряжение несущей частоты в напряжение постоянного тока. У таких усилителей одновременно с усилением происходит демодуляция. Анодные цепи Ф. у. питаются от источников переменного тока, что позволяет обходиться без специальных питающих выпрямителей. Эти усилители, по существу, являются управляемыми выпрямителями (иногда их называют усилителями среднего значения тока). Напряжение на входе Ф. у., применяемых в системах автоматического управления, имеет такую же частоту, как и анодное напряжение. На выходе Ф. у. действуют постоянная составляющая и высшие гармоники, частота которых кратна частоте анодного напряжения. Для устранения высших гармоник предусмотрены выходные фильтры. В подавляющем большинстве автоматических устройств используются двухтактные Ф. у.

Фантастроны — класс релаксационных генераторов с линейным разрядом емкости. Ламповым Ф. обычно называется аналог *мультивибратора* на пентоде, причем роль катода, сетки и анода одного триода выполняют катод, первая и вторая сетка, а другого триода — катод, третья сетка и анод. Как всякий релаксатор, Ф. используется для получения коротких одиночных



прямоугольных импульсов, а также последовательностей импульсов. Длительность этих импульсов оказывается весьма стабильной. Ф. используются также для получения линейно изменяющегося напряжения с малым коэффициентом нелинейности.

На рис. *а* изображен основной вариант принципиальной схемы ждущего Ф. с обратной связью по второй сетке, аналогичного *мультивибратору ждущему* с анодно-сеточными связями и положительной сеткой. Здесь первая и вторая сетки соответствуют сетке и аноду нормально открытой лампы мультивибратора. В исходном состоянии на первой сетке имеется небольшой положительный потенциал. Сопротивления R_{g2}, R, R_{g3} и напряжение E_{g3} выбраны так, чтобы потенциал u_{g3} был ниже потенциала запирания лампы по третьей сетке. Благодаря этому анодная цепь лампы закрыта, $u_a = E_a$.

Положительный запускающий импульс подается на третью сетку, в результате чего анодная цепь лампы отпирается. При этом падает как анодный потенциал, так и потенциал первой сетки, соединенный с анодом через задающий конденсатор C; u_{g1} устанавливается на уровне, несколько превышающем потенциал запирания лампы по первой сетке. Вследствие уменьшения тока второй сетки ее потенциал повышается. Благодаря связи «вторая сетка — третья сетка» потенциал третьей сетки остается повышенным и после снятия запускающего импульса. Процесс запуска заканчивается тем, что u_{g3} становится положительным (благодаря выбору R_{g2}, R и E_{g3}, диод $Д_1$ отпирается, фиксируя u_{g3} на уровне, близком к нулевому.

Таким образом, переход устройства в квазиустойчивое (временно устойчивое) состояние обусловлен действием положительной обратной связи «третья сетка — анод — первая сетка — вторая сетка — третья сетка», которая усиливается электронной связью «третья сетка — вторая сетка» (повышение u_{g3} приводит к перераспределению катодного тока лампы, при котором i_a возрастает, а i_{g2} падает). Эта обратная связь прекращается при отпирании $Д_1$.

На стадии квазиравновесия устройство эквивалентно *генератору линейно изменяющегося напряжения* с анодно-сеточным включением задающей емкости. Ток, проходящий через R_{g1}, разряжает емкость C. Вследствие уменьшения тока разряда повышается u_{g1}, что уменьшает u_a и u_{g2}. Очевидно, u_{g1} изменяется в k раз медленнее, чем u_a (где k — коэффициент усиления,

равный $|du_а/du_g|$). Поэтому большое усиление обеспечивает высокое постоянство тока через R_{g1}, т. е. линейность разряда C. Стадия квазиравновесия заканчивается при восстановлении петли положительной обратной связи, что происходит при таком понижении u_{g2}, которое вызывает запирание $Д_1$, обычно в области малых $u_а$, где зависимость i_{g2} от u_{g1} резко усиливается. После восстановления петли обратной связи в схеме протекает регенеративный процесс (см. *Релаксатор*), в ходе которого u_{g3} падает и который заканчивается запиранием лампы по третьей сетке.

Как при запуске, так и при сбросе $C_у$ играет роль *емкости ускоряющей*. Процесс восстановления, происходящий после сброса, включает в себя заряд C от источника $E_а$ через $R_а$ и прямое сопротивление цепи «первая сетка — катод», а также разряд $C_у$ через сопротивления делителя $R_{g2} — R — R_{g3}$. Длительность восстановления может быть уменьшена известными способами зарядом C через катодный повторитель и применением фиксирующих диодов.

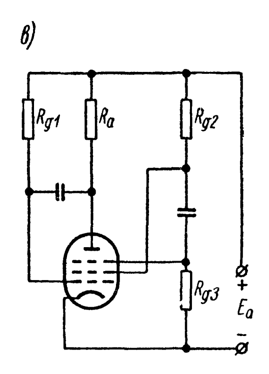
Таким образом, в схеме вырабатываются линейно падающее напряжение $u_а$; положительные прямоугольные импульсы u_{g3}; отрицательные импульсы u_{g2} с вершиной, близкой к горизонтальной. Длительность выходных импульсов (исключая задний фронт) равна

$$t_и \approx R_{g1}C\left(1 - \frac{U_{а\,мин} + 2\,|E_{g0}|}{E_а}\right),$$

где $U_{а\,мин}$ — значение $u_а$, при котором заканчивается квазиравновесие; E_{g0} — напряжение запирания по первой сетке при $u_{g2} = u_{g2макс}$.

Для формирования запускающего импульса может быть использована схема, аналогичная схеме сеточного запуска *триггера*. Модификация описанной схемы связана с включением диода, фиксирующего нижний уровень $u_а$ (см. рис. *б*). Здесь при достижении $u_а$ уровня E_0 диод $Д_2$ отпирается, и до окончания квазиравновесия потенциал левой обкладки C остается постоянным. Поскольку разряд C продолжается, потенциал правой обкладки, т. е. u_{g1}, будет расти, причем с той же скоростью, с какой до отпирания $Д_2$ уменьшалось u_C. Таким образом, скорость роста

в)



u_{g1} увеличивается примерно в k раз. В результате через весьма короткий промежуток времени u_{g1} возрастает настолько, что понижение u_{g2} запирает $Д_1$.

Для $t_и$ остается верной приведенная выше приближенная формула, где $U_{а\,мин} = E_0$. Фиксация $U_{а\,мин}$ значительно повышает стабильность устройства. Линейная зависимость $t_и$ от $U_{а\,мин}$ дает возможность осуществить преобразование уровня E_0 в длительность выходных импульсов, причем увеличению E_0 соответствует уменьшение $t_и$.

Автоколебательный вариант рассмотренной схемы изображен на рис. *в*. Известны и другие варианты Ф.

В Ф. обычно используются пентоды с небольшим напряжением запирания по третьей сетке. Кроме того, применяются другие лампы с двухсеточным управлением, например *гептоды*. Все эти лампы допускают небольшие мощности

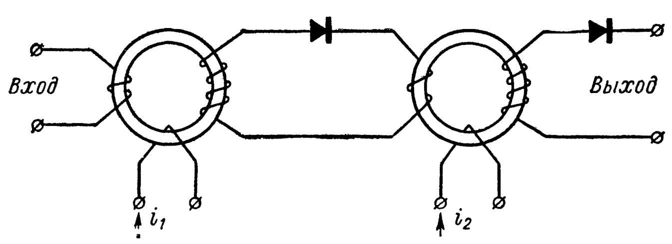
рассеяния, что ограничивает минимальную длительность выходных импульсов, поскольку уменьшение последней связано с увеличением токов перезаряда емкостей схемы, включая паразитные. Верхняя граница $t_и$ ограничена, как у большинства релаксаторов, десятками секунд.

Фарадей Майкл (1791—1867) — великий английский физик, основатель современного учения об электромагнитных явлениях. Ф. был сыном кузнеца и начал свою трудовую жизнь учеником в переплетной мастерской. В дальнейшем работал лаборантом у химика Деви. Несмотря на то, что Ф. получил только начальное образование, он самостоятельно изучал науки, стал членом Лондонского королевского общества (иначе говоря, академиком), одним из самых выдающихся физиков прошлого века. Он открыл явление электромагнитной индукции, законы электролиза, заложил основы современных представлений об электромагнитном поле. В 1832 г. в письме, найденном в архиве Лондонского королевского общества лишь через сто лет, Ф. высказал мысль о том, что распространение магнитной и электромагнитной сил — явление колебательное и происходит с конечной скоростью.

Федерация радиоспорта СССР — общественная организация советских радиоспортсменов и радиолюбителей. Задача Ф. р. — всемерное развитие радиоспорта, пропаганда радиотехнических знаний и содействие развитию радиолюбительства. Ф. р. объединяет республиканские федерации, а также краевые и областные секции радиоспорта. При городских и районных комитетах ДОСААФ работают уполномоченные областных секций радиоспорта. Один раз в четыре года созывается конференция представителей местных федераций и секций радиоспорта, избирающая Совет Ф. р., а последний — его Президиум и различные комиссии и секции. Ф. р. создана в 1960 г. Бессменным ее председателем является старейший коротковолновик Герой Советского Союза *Э. Т. Кренкель*.

Фединг — то же, что *замирание*.

Феррит-диодная ячейка — схема задержки на один такт тактовых (продвигающих) импульсов, построенная на сердечниках из магнитного материала с прямоугольной петлей гистерезиса и диодах.

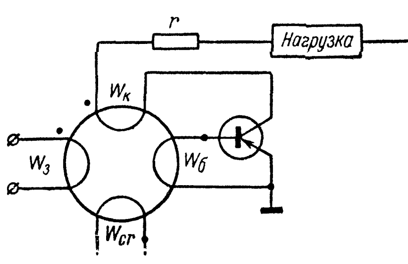


На рис. показана схема простейшей двухтактной Ф. я., построенной по так называемой трансформаторной схеме. Импульсы первого (i_1) и второго (i_2) каналов идут, чередуясь во времени. Благодаря наличию тактовых импульсов информация перезаписывается с предыдущих сердечников на последующие, и таким образом, на Ф. я. легко реализуется динамический *сдвигающий регистр*. Схемы *логических элементов* строятся на основе простейшей схемы Ф. я., показанной на рис., используя принцип запрета. Ампервитки обмотки запрета действуют в противополож-

ном направлении по отношению к ампервиткам входной обмотки и превосходят их по величине. Имея простую Ф. я. и ячейку запрета, можно построить более сложные логические элементы: ячейку «И», ячейку неравнозначности и др. Используемые на практике Ф. я. имеют более сложную схему: 1) вместо одного сердечника применяются пары — один сердечник рабочий, другой — компенсационный; 2) вместо двухтактного питания применяют трехтактное питание, так как при двухтактном питании трудно полностью устранить явление обратного перемещения информации.

Ф. я. выпускаются серийно и широко используются в разнообразных устройствах автоматики и вычислительной техники. Тактовая частота находится в пределах 30—50 *кгц*, хотя принципиально Ф. я. по трансформаторной схеме могут работать до частот 100—150 *кгц*. Однако на таких частотах потребление энергии становится недопустимо большим, и поэтому для диапазона высоких частот (500—800 *кгц*) разработаны Ф. я. по так называемой дроссельной схеме.

Феррит-транзисторная ячейка — электронная схема для запоминания одной двоичной единицы *информации* (см. рис.). Собственно



запоминание осуществляется ферритовым сердечником из материала с прямоугольной петлей гистерезиса. Схема простой Ф. я. подобна схеме *блокинг-генератора*. Процессы переключения в Ф. я. и в блокинг-генераторе аналогичны, а различия обусловлены в основном прямоугольностью петли гистерезиса. Транзистор в схеме Ф. я. работает в ключевом режиме. Запись «1» осуществляется подачей импульса тока в обмотку записи $W_з$. В режиме записи транзистор закрыт. Считывание информации производится при поступлении импульса считывания (тактового импульса) в обмотку считывания; при этом транзистор за счет положительной обратной связи быстро переключает сердечник из состояния «1» в состояние «0». Импульс тока в коллекторной цепи способен запустить несколько таких же Ф. я. Схема Ф. я. обладает формирующими свойствами, поэтому для получения тактовых импульсов используются подобные же Ф. я., выполняющие роль источников тактовых импульсов. Последние отличаются от обычных Ф. я. тем, что они способны запускать в несколько раз больше ячеек, чем Ф. я., выполняющие *логические функции*. Осуществление логических операций возможно, например, при наличии дополнительной обмотки запрета, не показанной на рис. Ампервитки, создаваемые обмоткой запрета, должны быть больше ампервитков записи. Тогда, при одновременном поступлении импульсов записи и запрета, Ф. я. останется в состоянии «0». Таким образом, Ф. я. с запретом способна выполнять логическую функцию «И—НЕ»: $x\bar{y}$, которая позволяет реализовать любую другую сколь угодно сложную логическую функцию. Скорость работы Ф. я. ограничивается, с одной стороны, режимом работы транзистора (отсечка — глубокое насыщение), а с другой, — *временем переключения* и саморазогревом сердечника. Обычно частота тактовых импульсов Ф. я. не превосходит 100—300 *кгц*.

Ферриты — *ферромагнитные материалы*, обладающие очень боль-

шим удельным сопротивлением и сравнительно высокой магнитной проницаемостью. Ф. принадлежат, таким образом, к классу *магнитодиэлектриков*. Высокое удельное сопротивление Ф. препятствует возникновению в них *вихревых токов*, благодаря чему Ф. можно применять даже в полях сверхвысоких частот. Материалы, входящие в состав Ф., а также способы их изготовления весьма разнообразны. Часто для этой цели применяется прессовка из мелких ферромагнитных порошков, смешанных с изолирующим материалом, и последующий отжиг. Ф. обладают значительной твердостью и обрабатываются обычно путем шлифовки. Применения Ф. весьма разнообразны. Стержень из Ф. с намотанной на него катушкой входного контура приемника служит приемной антенной, а цилиндры из Ф. — сердечниками катушек индуктивности и т. д.

В технике сверхвысоких частот Ф. нашли важное применение в комбинации с *волноводами*. Пластинка из Ф., помещенная в прямоугольный волновод, может вызвать значительное уменьшение скорости распространения электромагнитных волн в нем (поскольку магнитная проницаемость Ф. много больше единицы). Так как μ в Ф. сильно зависит от наложенного постоянного магнитного поля, то, действуя на пластинку внешним магнитным полем, можно сильно изменять фазу волны, приходящей к концу волновода. Это простейший пример применения Ф. в волноводе в качестве фазовращателя.

Используются в технике сверхвысоких частот и другие свойства Ф., например зависимость величины поглощения электромагнитных волн от постоянного намагничивающего поля. Одно из широко применяемых явлений в Ф. — это вращение плоскости поляризации электромагнитных волн (см. *Плоскополяризованная электромагнитная волна*) при распространении их в Ф. вдоль направления постоянного магнитного поля (эффект Фарадея). Используя этот эффект, можно создать ферритовые вентили, пропускающие электромагнитную волну по волноводу в одном направлении и не пропускающие такую же волну в обратном направлении, и большое число других устройств, позволяющих управлять электромагнитными волнами в волноводах.

В технике хранения информации широкое применение нашли Ф. с так называемой прямоугольной петлей гистерезиса (см. *Запоминающие устройства*).

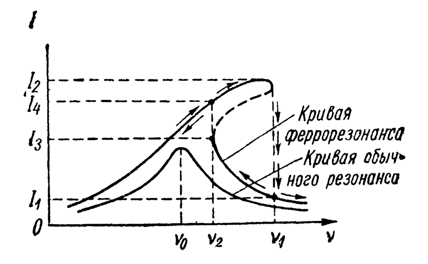
Ферромагнитные материалы (ферромагнетики) — материалы с высокой *магнитной проницаемостью*, используемые для *магнитных цепей*. Кроме таких металлов, как железо, кобальт, никель, к Ф. м. относятся широко применяемые специальные ферромагнитные сплавы — пермаллой, альсифер, альнико и др. В последнее время получили распространение Ф. м., не являющиеся металлами и металлическими сплавами, — так называемые *магнитодиэлектрики* и, в частности, *ферриты*.

Ферромагнитный стабилизатор напряжения — стабилизатор напряжений, в котором для компенсации изменений питающего напряжения используется явление *магнитного насыщения* в ферромагнитных сердечниках трансформаторов. Вблизи насыщения магнитный поток в сердечнике, а вместе с тем и напряжение вторичной обмотки трансформатора растут медленнее, чем первичное напряжение, и тем медленнее, чем ближе сердечник к насыщению. Применяя комбинации трансформаторов, сердечники которых работают с разной степенью насыщения, можно скомпенсировать изменения напряжения сети, питающей первичные обмотки этих трансформаторов. Например, можно так

подобрать разную степень насыщения у двух трансформаторов, что различные по величине напряжения их вторичных обмоток будут изменяться на одну и ту же величину при изменении питающего напряжения. Включив эти вторичные обмотки навстречу, можно получить от них напряжение, величина которого будет постоянна при изменении (в некоторых пределах) питающего напряжения.

Одной из разновидностей Ф. с. н. является феррорезонансный стабилизатор напряжений, в котором трансформатор с насыщенным сердечником входит в колебательный контур, настроенный на частоту, близкую к частоте питающего напряжения. Наступающие при этом явления *феррорезонанса* отличаются той особенностью, что амплитуда вынужденных колебаний в контуре очень мало зависит от изменений внешней э. д. с., если они не выходят за известные пределы. Однако амплитуда вынужденных колебаний существенно зависит от частоты внешней э. д. с. Поэтому феррорезонансные стабилизаторы напряжений эффективно работают только при достаточном постоянстве частоты питающей сети.

Феррорезонанс — явление *резонанса* в колебательных контурах, содержащих катушки с ферромагнитным сердечником, индуктивность которых зависит от протекающего в контуре тока (см. *Нелинейная индуктивность*). С увеличением силы тока, протекающего в катушке, вследствие магнитного насыщения, индуктивность катушки уменьшается. Вместе с изменением индуктивности катушки при изменении силы протекающего по ней тока изменяется и *частота собственных колебаний* такого контура. По мере приближения частоты внешней э. д. с. к собственной частоте контура ν_0 ток в контуре возрастает и индуктивность катушки уменьшается, а собственная частота контура возрастает. В результате форма амплитудных резонансных кривых контура искажается — их вершины наклоняются в сторону *высоких частот* (см. рис.).



Сильное искажение формы кривых резонанса при больших амплитудах внешней э. д. с. приводит к новому явлению: в некоторых областях небольшие изменения частоты внешней э. д. с. вызывают резкие изменения (скачки) амплитуды вынужденных колебаний. Когда частота внешней э. д. с. увеличивается, то при некотором ее значении ν_1 происходит резкое уменьшение амплитуды вынужденных колебаний от I_2 до I_1, а когда частота внешней э. д. с. уменьшается, то при ином ее значении ν_2 происходит увеличение амплитуды от I_3 до I_4. Вместе с тем в некоторой области изменения амплитуд внешних э. д. с., в которой наблюдаются эти явления, амплитуда вынужденных колебаний в контуре остается почти постоянной, что может быть использовано для стабилизации напряжений. Аналогичные явления наблюдаются в колебательных контурах, содержащих конденсаторы, емкость которых зависит от величины приложенного к конденсатору напряжения (см. *Нелинейная емкость*).

Фидер (в радиотехнике) — электрическая линия, предназначенная для передачи колебаний высокой частоты. В качестве Ф. применяются либо симметричные открытые линии, состоящие из параллельных проводов, либо различные

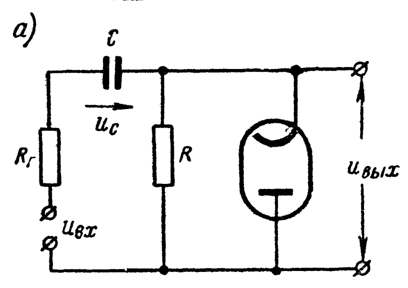
высокочастотные кабели. Основное применение Ф. — соединение антенны с передатчиком или приемником (см. *Антенный ф.*). Термин Ф. применяют также к линиям, питающим токами низкой частоты отдельные участки радиотрансляционной сети.

Фидерный трансформатор — устройство для согласования *волнового сопротивления* фидера с входным сопротивлением присоединенной к нему антенны, приемника и т. д. или для согласования волновых сопротивлений двух фидеров, обладающих различными волновыми сопротивлениями и подключаемых один к другому. На не очень высоких частотах в качестве Ф. т. применяются обычные высокочастотные трансформаторы с соответственно подобранным коэффициентом трансформации. На более высоких частотах в качестве Ф. т. применяются отрезки коаксиальных кабелей, а на сверхвысоких частотах — отрезки волноводов соответственно подобранных размеров и формы.

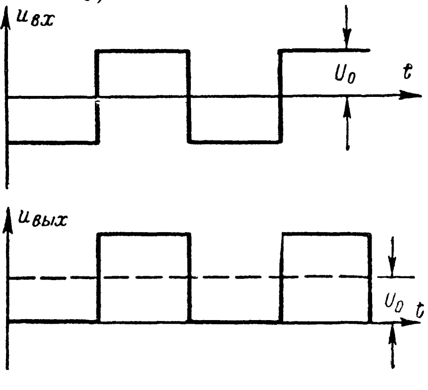
Физиологическая акустика — один из разделов акустики, в котором изучаются особенности слухового восприятия звуковых колебаний. Ф. а. имеет важное значение в медицине, а также в технике связи (в том числе в системах *вещания*).

Физиологический закон восприятия звука — см. *Вебера — Фехнера закон*.

Фиксаторы уровней импульсного сигнала — схемы, использующие явление динамического смещения для фиксации определенного постоянного уровня напряжения. На рис. *а* приведена схема фиксации начального уровня положительных импульсов. В течение времени действия положительного импульса конденсатор C заряжается через сопротивление R; во время паузы, когда диод открыт, конденсатор быстро разряжается через диод, прямое сопротивление которого много меньше сопротивления R. В результате в схеме возникает динамическое смещение, конденсатор заряжается до уровня U_0 (см. рис. *б*), что приводит к смещению кривой $u_{\text{вых}}$ вверх на величину U_0.

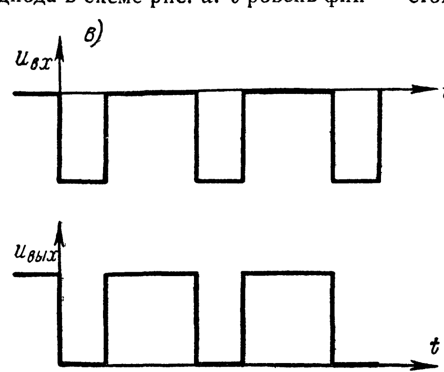


Таким образом, положительные импульсы $u_{\text{вых}}$ оказываются зафиксированными снизу на нулевом уровне. Очевидно, что та же схема может быть использована для восстановления постоянной составляющей сигнала (рис. *б*), которая была утеряна при передаче этого сигнала через цепь, не пропускающую постоянного тока.



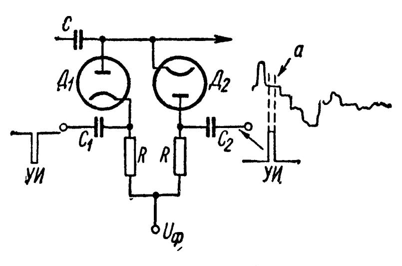
Если на вход схемы (см. рис. *а*) подавать отрицательные импульсы (см. рис. *в*), то окажутся зафиксированными на нулевом уровне вершины этих импульсов. Для фиксации начального уровня отрица-

тельных импульсов (и вершин положительных импульсов) следует изменить полярность включения диода в схеме рис. *а*. Уровень фик-



сации можно изменять введением в схему источника смещения E ($E > 0$ или $E < 0$); этот источник обычно включается последовательно с диодом.

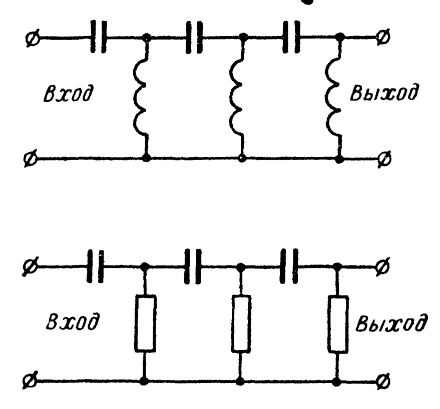
Фиксирующая схема — схема привязки (фиксации) какого-либо мгновенного значения напряжения



а — задняя площадка гасящего строчного импульса; *УИ* — управляющие импульсы; $Д_1$, $Д_2$ — диоды, $U_ф$ — уровень привязки (фиксации).

в периодическом, например телевизионном, сигнале, лишенном средней составляющей. Принцип действия управляемой Ф. с. поясняется рис. Управляющие импульсы отпирают диоды $Д_1$ и $Д_2$ в моменты прохождения задней (передней) площадки гасящего импульса. Если мгновенное значение напряжения сигнала $u_б$ в точке *б* больше заданного уровня фиксации $U_ф$, то конденсатор C быстро (с постоянной времени RC) заряжается током через диод $Д_1$. Если же $u_б < U_ф$, то C быстро разряжается через диод $Д_2$. В остальное время диоды заперты и сигнал проходит через емкость C без всяких искажений. Ф. с. применяется для восстановления средней составляющей сигнала изображения, а также для фиксации уровня черного при модуляции телевизионного радиопередатчика. Простые неуправляемые Ф. с. с одним диодом применяются на выходе видеоусилителя телевизоров. Ф. с. находят применение также в индикаторах радиолокационных станций с радиальнокруговой разверткой.

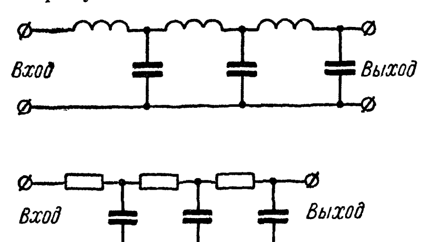
Фильтр верхних частот — фильтр, состоящий из емкостей и индуктивностей (или активных



сопротивлений), соединенных так, что с входа на выход пропускаются колебания высокой частоты и не пропускаются колебания низкой частоты (см. рис.). Граничная частота («частота среза»), с которой начинается ослабление колебаний фильтром, зависит от величин ем-

костей и индуктивностей (или активных сопротивлений).

Фильтр нижних частот — фильтр, состоящий из индуктивностей (или активных сопротивлений) и емкостей, включенных так, что с входа на выход пропускаются колебания низкой частоты и не пропускаются колебания высокой



частоты (см. рис.). Граничная частота («частота среза»), с которой начинается ослабление колебаний фильтром, зависит от величин индуктивностей (или активных сопротивлений) и емкостей.

Фильтр оптимальный — фильтр, наилучшим образом выделяющий полезные сигналы и уменьшающий действие помех.

Фильтрация — разделение колебаний различной частоты, осуществляемое с помощью *фильтров*. Один из часто встречающихся случаев Ф. — сглаживание пульсирующего тока.

Фильтрация гармоник — ослабление гармоник по сравнению с *основным тоном* в *спектре* какого-либо периодического, но негармонического колебания. В результате Ф. г. форма колебания приближается к синусоидальной. Один из методов Ф. г. состоит в применении колебательного контура, настроенного на частоту основного тона и включенного по отношению к источнику по схеме *параллельного резонанса*. Так как в этом случае *резонансное сопротивление* контура велико только для основного тона и мало для всех гармоник, то напряжение всех гармоник на контуре значительно ослабляется по сравнению с напряжением основного тона.

Фильтр-пробка (запирающий фильтр) — фильтр, не пропускающий некоторую частоту или узкую полосу частот (см. *Фильтры*).

Фильтры — цепи, состоящие из емкостей и индуктивностей или из емкостей и активных сопротивлений и предназначенные для разделения колебаний различной частоты. Простейшим Ф. является обычный колебательный контур, могущий служить для выделения колебаний одной определенной частоты и используемый, например, как запирающий Ф. *Полосовые фильтры* более или менее равномерно пропускают колебания в некоторой полосе частот. Они, в частности, применяются для связи между каскадами в усилителях промежуточной частоты радиоприемников.

Многозвенные (или многоячеечные) Ф. состоят из ряда одинаковых звеньев, каждое из которых представляет собой комбинацию из емкостей и индуктивностей или емкостей и активных сопротивлений. Эти Ф. пропускают все колебания с частотами, лежащими либо только выше определенной границы (см. *Фильтр верхних частот*), либо только ниже определенной границы (см. *Фильтры нижних частот*). Комбинируя два таких Ф., можно обеспечить пропускание колебаний в определенной полосе частот (подобные Ф. называют также полосовыми). К многозвенным относятся и *сглаживающие фильтры*, которые отделяют переменную составляющую пульсирующего тока и пропускают только его постоянную составляющую. Иначе говоря, граница пропускания сглаживающего Ф. лежит ниже основной частоты переменной составляющей пульсирующего тока.

Фликкер-эффект — то же, что *мерцание катода*.

Флуктуации тока — см. *Электрические флуктуации.*

Флуктуационные помехи — см. *Шумы приемника.*

Флуктуационные помехи (шумы) в телевидении — *флуктуационные помехи,* накладывающиеся на *сигнал изображения.* При уровне Ф. п. в т., превышающем порог видимости, они образуют на экране беспорядочно перемещающиеся пятна. Ф. п. в т. имеют несколько источников: *дробовой эффект фотоэлектронной эмиссии* в *передающих телевизионных трубках,* дробовой эффект считывающего пучка и *динодов.* Все это — источники внутренних шумов, образующихся вместе с сигналом. Шум видеоусилителя, шум, воспринимаемый приемной антенной от источников электромагнитного излучения и шум входных цепей радиоприемника — образуют внешние шумы. Внутренние шумы принципиально неустранимы; они определяют порог *чувствительности телевизионных передающих трубок.*

Роль шумов в телевидении оценивается отношением сигнал/шум $\psi_м$ — отношением максимального сигнала наиболее светлого протяженного участка изображения к эффективному значению шума, а также их спектральным составом (см. *Взвешенный шум*). При $\psi_м = 80 \div 100$ *белые шумы* незаметны. При уменьшении $\psi_м$ шумы маскируют вначале мелкие и малоконтрастные объекты. Изображение считается приемлемым, т. е. достаточно разборчивым, при $\psi_м = 20 \div 30$; но даже при $\psi_м = 1$ крупные и контрастные объекты еще видны.

Флуоресценция — *люминесценция* с коротким временем *послесвечения.*

Фокусировка электронного пучка — сжатие пучка электронов, вылетающих из термокатода *электронно-лучевой трубки* в возможно меньшее пятно у экрана или *мишени* трубки. Ф. э. п. необходима во всех электронно-лучевых трубках для получения четких осциллограмм, изображений и т. д.

Ф. э. п. осуществляется в *электронном прожекторе* (пушке) с помощью *электростатических* и *магнитных линз.*

Фокусирующие системы — системы электродов, катушек или магнитов, образующих *электростатические* и *магнитные линзы* для *фокусировки электронного пучка* и *электронных изображений.*

Фон — 1) единица измерения уровня громкости. Уровень громкости данного звука, измеренный в Ф., численно равен выраженному в децибелах отношению эффективной величины звукового давления равногромкого звука при частоте 1000 *гц* к стандартному порогу слышимости. Слушатель ощущает изменение громкости вдвое, если уровень громкости соответственно увеличивается или уменьшается на 10 фонов.

2) Помеха, возникающая в электрических системах передачи и усиления сигналов вследствие различных дефектов данной системы. Чаще всего Ф. при акустическом воспроизведении переданного сигнала прослушивается в виде сравнительно низкого гудящего призвука.

Одной из часто встречающихся причин Ф. являются пульсации тока выпрямителя, питающего то или иное электрическое устройство, применяемое при электроакустической передаче сигналов.

Фонограмма — запись звука на *сигналоносителе.* Чаще всего этот термин применяется к *оптической записи звука* на светочувствительной киноленте.

Форманты — частотные составляющие *спектра звука,* характерные при произнесении каждого отдельного звука речи (особенно гласных) и часто имеющие достаточно большие амплитуды. При произнесении различных звуков речи органы речевого аппарата изменяют

свое положение. При этом меняются объемы полости рта и других элементов органов речи. Эти объемы и их резонансные частоты определяют частоты, соответствующие Ф. того или иного звука. Процесс распознавания звука главным образом обусловлен восприятием Ф. На этом принципе основаны устройства, печатающие произносимый текст. Разборчивостью Ф. называется отношение правильно принятых Ф. к общему их числу, переданному в данном сообщении. Теоретическое определение разборчивости Ф. в зависимости от характеристик линий связи и условий приема является одной из основных задач теории *разборчивости речи.*

Формат изображения — отношение ширины телевизионного изображения *(кадра)* к его высоте. В телевизионном вещании принят Ф. и., равный 4 : 3.

Формирование импульсов — преобразование некоторого сигнала в *импульсы* заданной формы. Методы и схемы Ф. и. разделяются на два класса: 1) методы и схемы линейного формирования, в которых формирующие цепи основаны на применении линейных элементов: получение импульсов экспоненциальной формы посредством *дифференцирующей цепи* и *импульсного трансформатора*; преобразование *прямоугольных импульсов* в импульсы *линейно изменяющегося напряжения*; получение прямоугольных импульсов посредством формирующих линий и т. п.; 2) методы и схемы нелинейного формирования: ограничение синусоидального сигнала; формирование прямоугольных импульсов посредством *триггеров*, *мультивибраторов* и т. п.; Ф. и. при помощи схем с запаздывающей положительной обратной связью.

Формирователь — электронная схема, создающая импульс напряжения или тока стандартной формы, амплитуды и мощности на заданной нагрузке. Особенно строгие требования к параметрам импульса, создаваемого Ф., предъявляются в схемах *запоминающих устройств*, так как от стабильности параметров импульса зависит устойчивость и надежность работы этих устройств. Чаще всего Ф. должен выдавать на нагрузку однополярный импульс, по форме приближающийся к прямоугольному. Схема Ф. должна обеспечить постоянство амплитуды, длительности и фронта в заданных условиях. Схема Ф. обычно состоит из двух частей: предварительных каскадов, определяющих длительность и форму импульса; выходных каскадов, работающих на нагрузку. Выходные каскады часто соединяются с нагрузкой через трансформаторы, что облегчает решение проблемы согласования. Однако в быстродействующих устройствах, где Ф. должен выдавать короткие импульсы с очень крутыми фронтами, стараются не применять трансформаторов и включают нагрузку непосредственно в цепь эмиттера или коллектора выходного транзистора. Для получения заданной формы и длительности импульса используют тот или иной вариант колебательного контура с нелинейным *демпфированием* либо процессы заряда и разряда *искусственных длинных линий.* Все схемы Ф. фактически формируют импульсы напряжения. Чтобы Ф. работал как схема генератора тока, необходимо последовательно с нагрузкой включать достаточно большое активное сопротивление.

Фотоднод — полупроводниковый датчик освещенности с *p* — *n* переходом. Действие Ф. основано на внутреннем *фотоэффекте.* Различают два режима работы Ф. — вентильный и фотодиодный. В первом случае Ф. используется как *вентильный фотоэлемент* и под действием света генерирует электрическую энергию. В фотодиодном режиме Ф. включается в цепь источника постоянного напряжения та-

ким образом, чтобы *p* — *n* переход Ф. был заперт внешним напряжением. При этом действие Ф. подобно действию фотосопротивления: при освещении Ф. возрастает проходящий через него ток. Современные Ф. изготовляются главным образом из германия и кремния. Разновидностью Ф., используемого для силового преобразования лучистой энергии, является *солнечная батарея*.

Фотокатод — электрод, испускающий электроны под действием падающего на него света (см. *Фотоэлектронная эмиссия*). Для повышения *чувствительности* Ф. применяется специальная обработка его поверхности, уменьшающая *работу выхода электронов*. Наиболее высокую чувствительность Ф. удалось достичь, покрывая их поверхность тонкими (мономолекулярными) слоями цезия и других щелочных металлов. Наибольшее распространение получили кислородно-цезиевые Ф., в которых цезий наносится на слой окиси серебра, сурьмяно-цезиевые Ф., в которых цезий наносится на слой сплава сурьмы и цезия, и многощелочные Ф.

Фотон — мельчайшая порция световой энергии (квант света). Представление о Ф. вводится на основании квантовомеханических принципов волновых процессов. В соответствии с этими принципами световая энергия представляет собой поток элементарных (неделимых) частиц с нулевой массой и конечной энергией, которым и присвоено название Ф. Энергия Ф. однозначно связана с длиной волны света и увеличивается от красных лучей к фиолетовым. Представление о Ф. распространяют также на инфракрасные и ультрафиолетовые лучи, физическая природа которых та же, что у видимого света, а также на рентгеновское и гамма-излучения.

Фотопроводимость — увеличение электропроводности *полупроводника*, вызванное его освещением. Явление Ф. обусловлено освобождением дополнительного количества носителей электрического заряда при поглощении энергии света. В некоторых поликристаллических полупроводниках Ф. выражена особенно сильно из-за вторичных процессов, обусловленных несовершенством структуры полупроводника и приводящих к длительному существованию избыточных носителей. Такие полупроводники широко используются для изготовления *фотосопротивлений*, отличающихся высокой чувствительностью и заметной инерционностью *фотоэффекта*.

Фотореле — устройство, состоящее из *фотоэлемента* с усилителем *фототоков* и *реле*, служащее для выполнения каких-либо операций при изменении силы света, падающего на фотоэлемент.

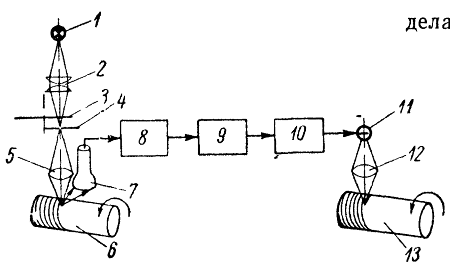
Фотосопротивление — неполярный полупроводниковый датчик освещенности, основанный на явлении *фотопроводимости*. Включенное в цепь источника постоянного или переменного напряжения Ф. изменяет величину электрического сопротивления в зависимости от уровня освещенности, причем изменяется и величина тока в цепи. Для изготовления Ф. используются главным образом поликристаллические слои или пленки специальных полупроводниковых материалов: сернистого свинца, селенида кадмия, сернистого кадмия и др. Ф. из таких материалов обладают очень высокой чувствительностью и годятся для работы при низких освещенностях. Однако большинству Ф. свойственна значительная инерционность, достигающая долей секунды, что ограничивает их быстродействие и затрудняет контроль быстрых изменений освещенности.

Фототелевизионные системы — системы передачи изображений путем предварительного их фотографирования. Ф. с. содержат фотокамеру, устройство для быстрого проявления и фиксирования нега-

тива, *просвечивающую трубку*, отклоняющие устройства для *развертки*, *фотоэлектронный умножитель*, *видеоусилитель* и радиопередатчик. Сигнал изображения получается, как в *камере с бегущим лучом*. С помощью Ф. с. передаются отдельные кадры, как в *фототелеграфии*. Ф. с. использовалась для передачи изображения обратной стороны Луны. Предварительная фиксация изображения позволяет осуществить развертку с небольшой скоростью, что дает возможность передавать сигнал по узкополосному каналу связи.

Фототелеграмма — изображение, переданное по методу *фототелеграфии*.

Фототелеграфия — передача неподвижных изображений: фотографий, графического материала, рукописного и печатного текста. Передаваемый документ закрепляется



Упрощенная схема фототелеграфной системы. *1* — источник света; *2* — конденсор; *3* — диск с отверстиями (оптический модулятор); *4* — экран с отверстием, определяющим размер элемента; *5*, *12* — объективы; *6*, *13* — передающий и приемный барабаны; *7*, *8*, *10* — усилители сигналов; *9* — канал связи; *11* — модулированный источник света.

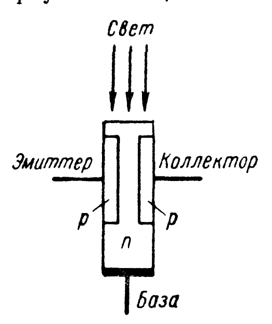
на барабане (см. рис.). На поверхности бланка создается неподвижное яркое световое пятно, выделяющее элемент изображения с размерами $\delta \times \delta$. *Развертка* осуществляется вращением барабана и одновременным перемещением его вдоль оси. На развернутом бланке при этом образуется строчный *растр*. Часть отраженного от документа света попадает в *фотоэлектронный умножитель*, на выходе которого образуется *сигнал изображения*. На выходе канала связи сигнал модулирует безынерционный источник света, например газосветную лампу. На поверхности фоточувствительной бумаги (приемном бланке) создается изображение модулированного записывающего пятна. В Ф. используется *автономная синхронизация* вращения барабанов.

В Ф. приняты следующие стандарты: размер бланка 300×219 *мм*^{2} и три градации разрешающей способности: 3, 5, 7 *лин/мм* ($\delta = 0{,}35;\ 0{,}20;\ 0{,}14$ *мм*). Время передачи одного бланка может изменяться в широких пределах соответственно скоростям развертки $v_x = 27{,}5;\ 412{,}5;\ 550;\ 825$ *мм/сек* (от 3,8 до 280 *мин*). Полоса частот также изменяется в широких пределах: верхняя граница $F_м = \frac{1}{2} \times \frac{v_x}{\delta}$ *гц* (от 80 до 6000 *гц*). Это позволяет осуществить Ф. по узкополосным телеграфным и телефонным каналам связи. Для передачи нижних и «нулевых частот» *спектра сигналов изображения* используется модуляция поднесущей частоты, создаваемой, в частности, путем прерывания светового потока отверстиями вращающегося перфорированного диска.

Фототок — приращение тока в цепи *фотосопротивления*, *фотоэлемента* или другого датчика освещенности, происходящее при освещении такого датчика.

Фототранзистор — полупроводниковый датчик освещенности с двумя *p — n* переходами. Работа Ф. вполне аналогична действию обычного *транзистора*, за исключением того, что управление током *эмиттера* производится не с по-

мощью электрического сигнала, а путем освещения области *базы* светом (см. рис.). При этом благодаря внутреннему *фотоэффекту* концентрация носителей в базе увеличивается. Неосновные носители перебрасываются в коллекторную и эмиттерную области, а избыточные



основные носители, оставаясь в базе, придают ей заряд, снижающий потенциальный барьер на *эмиттерном переходе*, и тем самым вызывают дополнительную инъекцию неосновных носителей в базу из эмиттера, что еще больше увеличивает ток коллектора. Таким образом, Ф. отличается от фотодиода наличием дополнительного усиления первичного фототока. Ф. обычно изготовляют из *германия*, так же, как *сплавной транзистор*, но в корпусе оставляют отверстие, закрываемое линзой или стеклом, через которое производят освещение базовой области.

Фото-э. д. с. — электродвижущая сила, возникающая в вентильном фотоэлементе или другом генерирующем датчике освещенности под действием света.

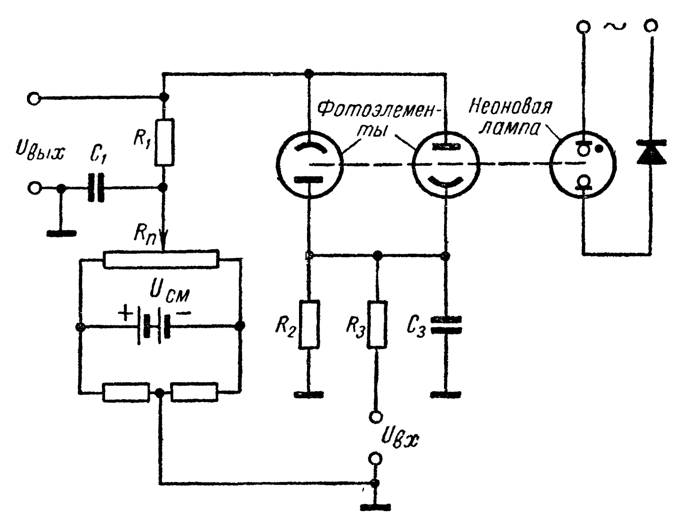
Фотоэлектрические электроизмерительные приборы — система электроизмерительных приборов, состоящих из объединенных в одну схему *фотоэлемента* и электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы. Используются обычно как ваттметры переменного тока высокой частоты. Мощность высокочастотных колебаний, подлежащая измерению, подводится к лампочке накаливания (или группе лампочек), причем обращается внимание на согласование сопротивления лампочек с волновым сопротивлением фидера, подводящего энергию высокой частоты (см. *Согласованная нагрузка*), так как в противном случае отражение части высокочастотной энергии от нагрузки не даст возможности произвести точное измерение. Свет, излучаемый лампочкой (или лампочками), падает на фотоэлемент, в результате чего стрелка электроизмерительного прибора постоянного тока магнитноэлектрической системы в цепи фотоэлемента отклоняется. Отклонение стрелки будет зависеть от мощности, нагревающей нить лампочки, и прибор может быть отградуирован непосредственно в единицах мощности.

Фотоэлектронная эмиссия — вылет электронов из поверхности какого-либо тела под действием падающего на нее света. Наиболее сильная Ф. э. происходит из поверхности щелочных металлов, особенно цезия, используемых для создания *фотокатодов*. Ф. э. лежит в основе действия *фотоэлементов* с внешним фотоэффектом, *фотоэлектронных умножителей*, *передающих телевизионных трубок* и т. д.

Фотоэлектронный преобразователь — устройство с *фотоэлементом*, предназначенное для преобразования медленно изменяющихся сигналов в модулированные. Ф. п. обладает очень высоким входным сопротивлением и может работать в широком диапазоне изменения модулируемых сигналов. Одна из возможных схем Ф. п. приведена на рис. Два фотоэлемента, включенных параллельно, навстречу друг другу, освещаются световым потоком от неоновой лампы, подключенной к генератору, частота которого может изменяться от 50 до 5000 *гц*. Диод в цепи неоновой лампы ограничивает потенциал ее за-

жигания. Поэтому лампа зажигается лишь на время, равное половине периода переменного напряжения. При отсутствии сигнала датчика ток в цепи фотоэлементов отсутствует. Сигнал датчика постоянного напряжения какой-либо полярности изменяет смещение на фотоэлементах. В результате нарушается равенство фототоков и в цепи нагрузочного сопротивления R_1 появляются импульсы тока, частота которых определяется частотой генератора переменного тока. Полярность и амплитуда этих импульсов зависят от полярности и величины напряжения, снимаемого с датчика. Емкость C_1 и сопротивление потенциометра $R_п$ выполняют функции фильтра, предотвращающего попадание постоянной составляющей тока из цепи смещения в выходную цепь преобразователя. Аналогичный фильтр включен в цепь датчика.

Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) — усилитель слабых *фототоков*, основанный на *вторично-электронной эмиссии*. Конструктивно Ф. у. состоит из *фотокатода*, n электродов — *динодов* или эмиттеров, поверхность которых (например, окись магния) излучает в среднем в σ раз больше электронов, чем на нее падает ($\sigma > 1$), и анода — *коллектора*. Напряжение на каждый динод подается на 50—100 *в* выше, чем на предыдущий. Число каскадов усиления — n динодов — делают порядка 10 (9—16).



Общий коэффициент усиления тока в Ф. у. $K = \sigma^n$. Для большинства типовых Ф. у. $K = 10^6 \div 10^7$, в специальных Ф. у. K достигает 10^9—10^{11}. Ф. у. безынерционны: полоса частот не менее 10^8 *гц*, а в специальных конструкциях достигает 10^{10}—10^{11} *гц*. Усиление сильно зависит от напряжения на аноде $U_а$.

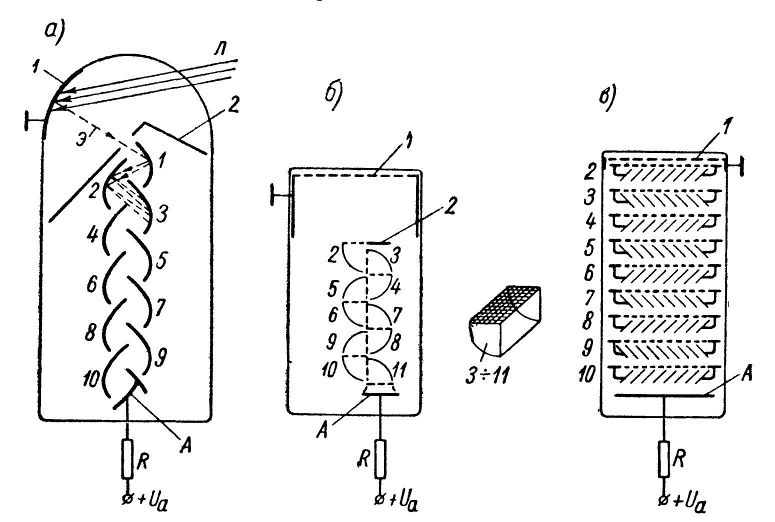
Для попадания вторичных электронов с одного динода на другой необходимо их фокусировать. Наибольшее распространение получила электростатическая фокусировка, осуществляемая формой и взаимным расположением динодов (см. рис.). В Ф. у. «сквозного» действия диноды имеют форму жалюзи, закрытых редкой сеткой; эти сетки

экранируют поверхность динодов от поля предыдущего динода, которое могло бы тормозить вторичные электроны.

Интегральная чувствительность Ф. у. достигает 1—10 *а/лм*, однако выходной ток не должен превышать 100—1000 *мка*. Лишь в импульсном режиме он может достигать нескольких десятков миллиампер. Спектральные характеристики Ф. у. определяются типом фотокатода. Ф. у. обладает очень низким уровнем собственных шумов. Средний квадрат флуктуаций тока на выходе Ф. у.

$$\overline{i_д^2} = 2 i_ф e \Delta f K^2 b,$$

где $i_ф$ — первичный фототок; e — заряд электрона; Δf — полоса частот; K — усиление Ф. у. и $b \approx \approx 1{,}5 \div 3$. В «идеальном» Ф. у., не вносящем дополнительных шумов к дробовым шумам фотоэлектронной эмиссии, $b = 1$. При достаточно малом темновом токе (для чего бывает необходимо охладить фотокатод) Ф. у. позволяет регистрировать отдельные фотоэлектроны.



а — фотоэлектронный умножитель с корытообразными динодами: *1* — фотокатод, *2* — экран, *3—10* — диноды, *Л* — световой поток, *А* — анод, *Э* — траектория электронов, *R* — нагрузка;

б — фотоэлектронный умножитель коробчатого типа: *1* — полупрозрачный фотокатод, *2—11* — диноды, *А* — коллектор-анод, *R* — нагрузка;

в — фотоэлектронный умножитель жалюзийного типа: *1* — полупрозрачный фотокатод, *2—10* — диноды, *А* — анод, *R* — нагрузка.

Перечисленные свойства и преимущества Ф. у. оказались незаменимыми в измерении слабых лучистых потоков, спектральных измерениях, *передающих телевизионных трубках* высокой чувствительности (*суперортиконах*), *фототелеграфии*, счетчиках элементарных частиц (сцинцилляционных и Черенкова), а также во многих других физических и технических приборах.

Фотоэлектроны — электроны, вылетающие из поверхности тел в результате *фотоэлектронной эмиссии*.

Фотоэлемент — прибор, создающий электрический ток (*фототок*)

под действием падающего на него света. Работа Ф. основана на *фотоэффекте*, который бывает двух видов. В соответствии с этим существуют Ф. с внешним и внутренним фотоэффектом. Большой внешний фотоэффект дают некоторые легкие металлы, например калий, барий. Еще большего внешнего эффекта можно достичь со специально изготовленных поверхностей *фотокатодов*.

В баллоне Ф. имеются фотокатод и второй электрод — анод с положительным потенциалом относительно катода. Из баллона удаляется воздух. Такой Ф. называется вакуумным или пустотным. Если осветить фотокатод, то вылетающие из него электроны притягиваются анодом и создают ток в цепи анода. Величина этого тока зависит от интенсивности падающего на Ф. света. Ф. широко применяются в различных областях техники, в частности играют важную роль в звуковом кино. Для получения более сильных фототоков обычно применяют вместо вакуумных *газоразрядные фотоэлементы*. Ф. с внутренним фотоэффектом — купроксные, селеновые, серноталлиевые — могут давать более сильные токи, чем Ф. с внешним фотоэффектом, проще по конструкции и удобнее в эксплуатации, так как не требуют источника напряжения. Они широко применяются в фотореле, простейших приборах для измерений освещенности и т. д.

Фотоэффект (фотоэлектрический эффект) — явление, заключающееся в увеличении энергии электронов под действием света, причем электроны либо вырываются из поверхности тела (внешний Ф.), либо, оставаясь внутри тела, переходят из связанного (валентного) состояния в свободное (внутренний Ф.). В обоих случаях увеличение энергии (возбуждение) электронов происходит в результате поглощения одним электроном одного *фотона*, причем такое возбуждение возможно лишь при условии, что энергия фотона $W_ф$ не меньше энергии, необходимой для перехода электрона в новое состояние. При внешнем Ф. величина $W_ф$ должна быть не меньше *работы выхода электрона*, а при внутреннем Ф. — не меньше ширины запрещенной зоны (см. *Зонная теория*). Поэтому Ф. сильно зависит от длины волны падающего на данное тело света и наблюдается только при волнах короче определенной для данного тела (см. *Красная граница ф.*). Внешний Ф. используется в вакуумных *фотоэлементах*, а внутренний — в *фотосопротивлениях*. Возникновение внутреннего Ф. вблизи *электронно-дырочного перехода* или на границе разнородных проводников сопровождается появлением *фото-э. д. с.* и называется также фотогальваническим эффектом или вентильным фотоэффектом, который используется в *вентильных фотоэлементах*, *фотодиодах* и *фототранзисторах*.

Исследования Ф. проведены русскими учеными А. Г. Столетовым (внешний Ф. — 1888) и В. А. Ульяниным (внутренний Ф. — 1888—1889).

Фрейман Имант Георгиевич (1890—1929) — профессор Ленинградского электротехнического института и Военно-морской академии, один из создателей советской школы радиоспециалистов. Окончил в 1913 г. Петербургский электротехнический институт, где специализировался по радиотехнике. Участвовал в строительстве искровых радиостанций в Риге, Архангельске, на Югорском Шаре. Проектировал и строил в 1917 г. мощную радиостанцию во Владивостоке. С 1919 г. начал научно-преподавательскую деятельность.

Научные труды Ф. посвящены теории машин высокой частоты, антенн, ламповых генераторов, различным вопросам применения электронных ламп. Ф. являлся деятельным сотрудником журнала «*Телеграфия и телефония без проводов*»

и пропагандистом радиолюбительства. «Курс радиотехники», написанный Ф. в годы гражданской войны и блокады, опередил многие иностранные книги того времени по широте обобщений и успешному инженерному решению ряда важных вопросов радиотехники.

Ф. принимал деятельное участие в развитии советской радиопромышленности, активно работал в техническом совете Треста заводов слабого тока. Особенно велики заслуги Ф. в укреплении обороноспособности нашей страны. Им была проделана большая работа по созданию и внедрению новой аппаратуры радиосвязи в Военно-морском флоте.

Фронт волны — поверхность, на которой лежат все точки волны, находящиеся в одной и той же фазе. Если волны излучаются источником во всех направлениях в одной и той же фазе и скорость их распространения во всех направлениях одинакова, так что волна, создаваемая излучателем, исходит как бы из одной точки («фазового центра»), то точки волны, находящиеся в одинаковой фазе, лежат на одинаковом расстоянии от фазового центра и Ф. в. представляет собой сферическую поверхность, центр которой совпадает с фазовым центром (сферическая волна). Если же волны в разных направлениях излучаются в разных фазах или скорость распространения в разных направлениях различна, то Ф. в. представляет собой не сферическую, а более сложную поверхность.

Направление распространения сферической волны в каждой точке нормально к сферическому Ф. в. Это обычно справедливо и для Ф. в. другой формы. При *преломлении волн* происходит одновременно и изменение направления распространения волны и изменение формы Ф. в. Когда направление распространения волны на разных участках Ф. в. вследствие различного преломления изменяется неодинаково, то меняется не только положение Ф. в., но и его форма. Например, если в результате преломления на границе двух сред (см.

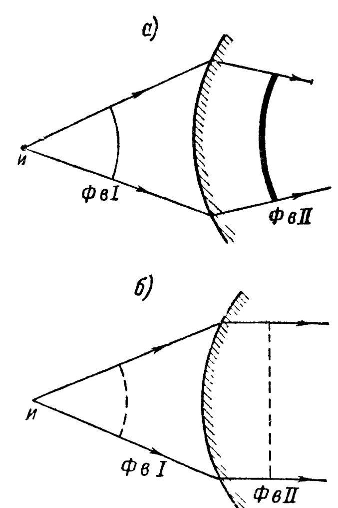


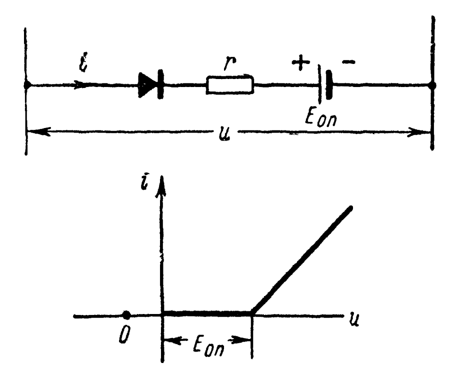
рис. *а*) расходящаяся волна превращается в сходящуюся, то *Ф. в. I*, ранее обращенный вогнутостью к источнику *И*, оказывается обращенным выпуклостью к источнику (*Ф. в. II*). А если расходящаяся волна в результате преломления превращается в параллельный пучок волн (см. рис. *б*), то сферический Ф. в. (*Ф. в. I*) становится плоским (*Ф. в. II*) и т. д.

Фронты импульса — см. *Импульс.*

Функциональный преобразователь — устройство, в котором реализуется нелинейная функция от одного или нескольких аргументов. Хотя данное определение охватывает все виды нелинейных зависимостей, однако *множительные* и *делительные устройства* обычно не причисляются к Ф. п.

Ф. п. называют такое вычислительное устройство, которое может быть применено для воспроизведе-

ния достаточно широкого класса функций действительного переменного, задаваемых не только аналитически (в виде математической формулы), но также в виде таблиц или графиков. Некоторые типы Ф. п. накладывают на воспроизводимые функции требования монотонности изменения. Почти все типы Ф. п. способны представлять только однозначные функции. Во всех типах Ф. п. накладываются ограничения на диапазон изменения аргументов или функций (или тех и других), а иногда и от производных требуется определенное поведение в допустимой области изменения аргументов.



Ф. п. можно разделить на три больших класса: 1) механические; 2) электромеханические; 3) электрические или электронные. Механические Ф. п. используют кулачковые механизмы — плоские или пространственные. С помощью плоских кулачковых механизмов реализуются функции от одной переменной; на пространственных кулачковых механизмах (называемых иногда коноидами) реализуются функции от двух переменных. В качестве электромеханических Ф. п. широко используются нелинейные потенциометры и функциональные конденсаторы. Электрические Ф. п. строятся на использовании нелинейных вольт-амперных характеристик некоторых приборов, например диодов или тиритовых сопротивлений. При этом, для повышения точности преобразования и расширения диапазона изменения аргумента, часто применяется кусочно-линейная аппроксимация воспроизводимой функции. Электронные Ф. п. используют те или иные семейства характеристик электронных ламп или транзисторов. Ввиду значительного разброса характеристик ламп и транзисторов и зависимости их от времени электронные Ф. п. не получили широкого распространения. Электронно-лучевые трубки оказались удобными приборами для реализации функций от двух переменных.

Функция Шеффера — логическая функция двух переменных, описываемая таблицей:

x	y	x/y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Логическая операция, выполняемая Ф. Ш., обозначается косым штрихом: x/y. Ф. Ш. выражается через операции отрицания и *дизъюнкции*: $x/y = \bar{x} \vee \bar{y}$. Можно показать, что любая *логическая функция* двух переменных выражается через Ф. Ш. Это значит, что элемент, технически реализующий Ф. Ш., может служить для построения *логических схем* любой сложности.

ФЭУ — см. *Фотоэлектронный умножитель*.

Х

Хайкин Семен Эммануилович (1901) — крупный специалист в области теории колебаний, механи-

ки, физики твердого тела и радиоастрономии, профессор, доктор физико-математических наук, лауреат Золотой медали имени А. С. Попова. В 1919 г. получил звание радиотехника на радиокурсах в Москве, после чего служил в частях связи Красной Армии. В 1928 г. окончил физическое отделение Московского университета; работал в Научно-исследовательском институте физики МГУ. Вел педагогическую работу в МГУ, заведуя кафедрой общей физики. Во время Великой Отечественной войны — начальник лаборатории в радиопромышленности. С 1947 г. работает в области радиоастрономии, сначала в Физическом институте имени П. Н. Лебедева АН СССР, а затем в Главной астрономической обсерватории (Пулково), где организовал отдел радиоастрономии, которым он заведует до настоящего времени.

Х. — один из основоположников отечественной экспериментальной радиоастрономии. Построенный под его руководством в 1956 г. в Пулкове радиотелескоп нового типа (радиотелескоп с антенной переменного профиля — АПП) до сих пор обладает рекордной разрешающей способностью на сантиметровых волнах. Принцип АПП, предложенный Х. и Н. Л. Кайдановским, позволяет намного увеличить проницательную силу и разрешающую способность радиотелескопов.

Х. — известный пропагандист и популяризатор радиотехнических знаний; много лет был научным редактором и членом редколлегий журналов «Радио — всем», «Радиофронт», «Радио» и газеты «Новости радио».

Кроме монографий и учебных пособий для вузов, им написан ряд популярных книг: «Незатухающие колебания», «Электромагнитные колебания и волны», «Словарь радиолюбителя», вышедшие в «Массовой радиобиблиотеке».

Золотой медалью имени А. С. Попова награжден за выдающиеся работы в области радиофизики и радиоастрономии.

Характеристика передачи уровня сигнала — см. *Полутоновая характеристика.*

Характеристики электронной лампы — графики, изображающие зависимость анодного тока (или тока какого-либо другого электрода) от напряжений, приложенных к электродам лампы. Х. э. л. позволяют судить о свойствах лампы и определить, какие напряжения нужно подвести к различным электродам лампы для того, чтобы она давала нужный эффект. Таким образом, с помощью Х. э. л. можно правильно выбрать рабочий режим лампы, сопротивление анодной нагрузки, гасящие сопротивления и т. д. Чаще всего пользуются *сеточными характеристиками* и *анодными характеристиками* электронной лампы.

Характеристическое сопротивление контура — отношение амплитуды напряжения на конденсаторе или равной ей амплитуды э. д. с. самоиндукции на катушке к амплитуде тока в колебательном контуре при *последовательном резонансе.* Если амплитуда тока в контуре при резонансе есть I_m, а емкостное сопротивление конденсатора контура $x_C = 1/\omega C$, где ω — резонансная угловая частота, то амплитуда напряжения на конденсаторе

$$U_{mC} = \frac{I_m}{\omega C}.$$

Соответственно, если *индуктивное сопротивление* катушки $x_L = \omega L$, то амплитуда э. д. с. самоиндукции на катушке $E_{mL} = I_m \omega L$, и так как при резонансе $x_L = x_C$, то Х. с. к.

$$\rho = \frac{U_{mC}}{I_m} = \frac{1}{\omega C} = \frac{E_{mL}}{I_m} = \omega L.$$

Учитывая, что при резонансе $\omega = \omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, где ω_0 — угловая частота собственных колебаний в

контуре, Х. с. к. можно записать так:

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Х. с. к. называют также волновым сопротивлением контура.

Характеристическое сопротивление линии — то же, что *волновое сопротивление линии.*

Характеристическое уравнение — алгебраическое уравнение n-й степени, соответствующее однородному линейному дифференциальному уравнению с постоянными коэффициентами. Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами описывают движение многих автоматических и радиотехнических устройств. Эти уравнения имеют следующий вид:

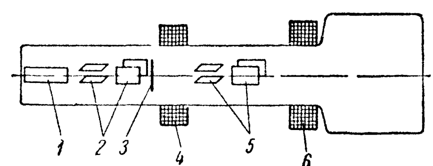
$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \ldots + a_n y =$$
$$= b_0 \frac{d^m x}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \ldots + b_m x,$$

где y — выходное отклонение; x — возмущение; a_i и b_i — постоянные коэффициенты. Уравнение свободного движения таких систем получается из предыдущего при обращении в нуль правой части (такие уравнения называются однородными). Х. у., соответствующее однородному дифференциальному уравнению, представляет собой алгебраический полином:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \ldots + a_n = 0.$$

Решение Х. у. позволяет найти его корни. Число корней всегда равно n. Они могут быть комплексными, действительными, чисто мнимыми и нулевыми. Знаки корней Х. у. дают возможность судить об устойчивости изучаемой системы. Для устойчивых систем вещественные части всех корней отрицательны.

Характрон — специальная *знаковая электронно-лучевая трубка,* воспроизводящая («печатающая») в любом месте экрана с большой скоростью ряд знаков, выбираемых из определенного алфавита. В схеме Х. (см. рис.) знаки формируются матрицей, на которой пробиты 64 отверстия, имеющие форму букв, цифр и условных знаков: стрелок, самолетов и т. п. Х., изображенный



1 — электронный прожектор; *2* — выбирающие пластины; *3* — матрица; *4* — фокусирующие катушки; *5* — компенсирующие пластины; *6* — отклоняющие катушки.

на схеме, имеет две пары выбирающих пластин, отклоняющих электронный луч на тот или иной знак матрицы. Увеличенное *электронное изображение* отверстий матрицы (знаков) создается на экране Х. фокусирующей катушкой. Дополнительные, компенсирующие пластины возвращают отклоненный луч после матрицы снова на ось трубки. Отклоняющие катушки позволяют разместить выбранный знак или группу знаков, например «формуляр» цели в радиолокационных станциях, в точку экрана, где обнаружена цель. Эти же катушки могут использоваться для размещения выбранных знаков в формуляре. Последний представляет собой небольшую таблицу, условно характеризующую цель, например код типа самолета, высоту и скорость полета, номер рейса.

Х. применяются для быстрого вывода результатов работы *электронных цифровых вычислительных машин* в наглядной форме. В этом случае изображение с экрана Х. фотографируется на кинопленку. Х. применяется также в системах наглядного отображения большого количества информации, переда-

ваемой по линиям связи в сложных системах управления. Имеется много разновидностей Х. с чисто электростатическими управлением и фокусировкой, с диаметрами экранов, достигающими 75 *см.*

Харкевич Александр Александрович (1904—1965) — выдающийся советский ученый в области радиотехники, электроники и акустики, блестящий инженер и педагог, академик. В 1930 г. окончил Ленинградский электротехнический институт. В 1929—1933 гг. работал в Центральной электротехнической лаборатории. С 1932 г. занимался педагогической деятельностью в высших учебных заведениях. Был профессором Военной электротехнической академии, Киевского и Львовского политехнических институтов, Ленинградского и Московского электротехнических институтов связи. С 1962 г. — директор Института проблем передачи информации АН СССР.

Работы Х. в области электроакустики имели не только теоретический характер. Им разработан ряд конструкций, выпускавшихся промышленностью; среди них — рупорный громкоговоритель специального назначения и широко известный громкоговоритель «Рекорд», много лет прослуживший для нужд радиофикации.

Одним из первых в нашей стране Х. понял значение теории информации. Его книга «Очерки общей теории связи» сразу поставила теорию информации в число важных научных направлений в СССР. Перу Х. принадлежит более ста научных статей и 12 книг, многие из которых выдержали несколько изданий и переведены за рубежом. Он вел большую редакционно-издательскую работу: был главным редактором журнала «Проблемы передачи информации», членом редколлегии ряда журналов и энциклопедии. В последние годы своей жизни ученый уделял главное внимание развитию теории информации и кибернетики.

Научная, педагогическая и общественная деятельность Х. была высоко оценена Советским правительством, наградившим его орденами Ленина и Трудового Красного Знамени.

Хемотроника — раздел науки, изучающий теорию, принципы конструирования и технологию создания жидкостных и ионных электрохимических приборов, способных выполнять ряд задач, связанных с восприятием, переработкой, преобразованием и хранением информации. В настоящее время практически используются электрохимические датчики для приема акустических сигналов, датчики для измерения малых перемещений, электрохимические переменные сопротивления типа *мемисторов* и некоторые другие. Хорошо зарекомендовали себя электрохимические методы *моделирования* в рамках *бионики*, которые позволили, например, создать модели условных рефлексов с очень высокой степенью подобия закрепления и угасания рефлекса. В ряде случаев Х. успешно конкурирует с электроникой; это имеет место там, где необходимы прямые измерения в агрессивных средах, где требуется большая гибкость и перестраиваемость элемента при малом быстродействии. Не заменяя электроники, Х. является прогрессивным средством расширения возможностей *технической кибернетики*, бионики и приборостроения.

Холодное сопротивление — электрическое сопротивление *термистора* в отсутствие подогрева, т. е. при нормальной температуре (обычно 20° С).

Холодный катод — см. *Автоэлектронная эмиссия.*

Хроматрон — цветной *кинескоп*, экран которого состоит из ряда узких полосок, покрытых люминофорами *основных цветов*. Строки растра идут под прямым углом к

цветным полоскам. Запись цветных изображений ведется электронным лучом, который у экрана дополнительно отклоняется сигналами цветности на полоску соответствующего цвета. Сигналы цветности подаются на специальную решетку, расположенную у экрана.

Ц

Цвет — количественная и качественная характеристика *светового потока*, оцениваемая зрительным анализатором человека. Для качественного обозначения Ц. существует несколько десятков слов и атласы Ц. (накрасок) с несколькими тысячами образцов.

Цветная маркировка — применяющийся в некоторых случаях цветной код для обозначения величин постоянных сопротивлений (а иногда и конденсаторов постоянной емкости). Цвет корпуса сопротивления обозначает первую цифру, цвет одного из его концов — вторую цифру, а цвет точки или полоски в середине корпуса показывает, сколько нулей надо добавить к первым цифрам. Каждый цвет соответствует определенной цифре: например, коричневый — 1, красный — 2, зеленый — 5 и т. д.

Цветная приемная трубка — *кинескоп* для приема цветных телевизионных изображений. В существующих Ц. п. т. экран состоит из мозаики *люминофоров*, светящихся красным, зеленым и синим светом, или полосок таких люминофоров. Ц. п. т. бывают одно- и трехлучевыми (см. *Масочная цветная приемная трубка*).

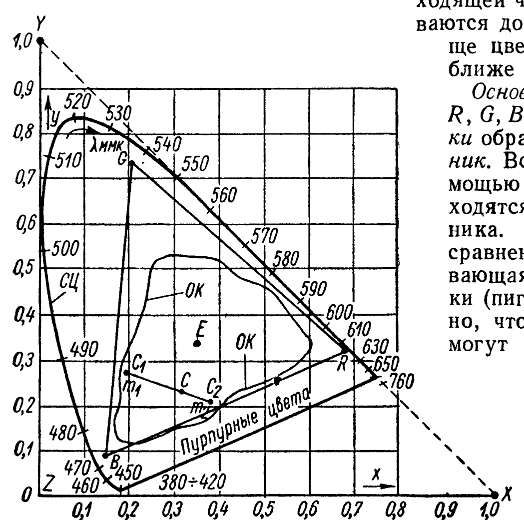
Цветное телевидение — передача движущихся изображений в натуральных цветах. Ц. т. основано на трехкомпонентной теории цвета — на законах *сложения цветов.* Принцип Ц. т. заключается в следующем: цветное оптическое изображение с помощью трех светофильтров — красного, зеленого и синего — подразделяется на три *цветоделенных изображения.* Каждое из них преобразуется в *цветовой сигнал.* Последний пропорционален красной, зеленой и синей составляющим цвета каждого *элемента изображения.* В цветном приемнике, после детектирования и разделения, цветовые сигналы управляют яркостью красного, зеленого и синего *люминофоров*, свечение которых воспроизводит три цветоделенных изображения; их сложение воспроизводит цветное изображение. В зависимости от способа формирования, передачи и сложения цветовых сигналов различаются *последовательные* и *одновременные системы цветного телевидения*, а также смешанные системы.

Цветность — характеристика светового потока или отражающей (рассеивающей) поверхности, определяемая *чистотой цвета* и цветовым тоном, или двумя координатами x, y, на *цветовом графике.* Ц. не зависит от интенсивности *светового потока* или *яркости.*

Цветовая поднесущая — частота, модулируемая сигналами цветности в одновременной *совместимой системе цветного телевидения.* Частота Ц. п. $f_{цв}$ выбирается равной нечетной гармонике половинной *частоты строк* f_c: $f_{цв} = (2k + 1) \times \times \frac{f_c}{2}$. В опытном цветном телевизионном вещании принято $2k + 1 = 567$ и $f_{цв} = 4{,}43$ *Мгц.* При таком выборе Ц. п. она сама и ее гармоники при модуляции попадают в пустые промежутки «гребенчатого спектра» телевизионных сигналов, уплотняя канал связи. На экранах черно-белых телевизоров Ц. п. невидна, так как колебания яркости вдоль каждой строки в двух последовательных кадрах сдвинуты на 180°. Складываясь за счет инерционности зрения, эти колебания взаимно гасят друг друга, оставляя видимый ровный фон.

Цветовой график (цветовая диаграмма) — график относительных

координат цветов (см. *Сложение цветов*). Ц. г. в системе единиц XYZ изображен на рис. По оси абсцисс отложены относительные координаты x, по оси ординат y. Основные цвета X, Y, Z имеют координаты (1, 0); (0,1); (0,0). Все реальные цвета отображаются точками внутри «подковы» — кривой *спектральных* (чистых) *цветов СЦ*,



замыкаемой на красном и фиолетовом концах прямой чистых пурпурных цветов. Ц. г. весьма удобен для наглядного отображения *цветности* и сложения цветов. Цвета одинаковой цветности, но различной яркости, изображаются на Ц. г. одной точкой. Равноэнергетический белый цвет E, т. е. цвет светового потока с равномерным распределением мощности по спектру, и все градации серого отображаются точкой E с координатами $x = 0{,}33$; $y = 0{,}33$. Точка C, отображающая суммарный цвет $C_1 + C_2$, лежит на отрезке прямой, соединяющей C_1 и C_2. Суммарный цвет C находится как центр тяжести двух грузиков с массами m_1 и m_2, пропорциональными количеству единиц цветов C_1 и C_2. При равных количествах C_1 и C_2 цвет C лежит на середине отрезка C_1C_2. Цвета, лежащие на отрезке, соединяющем точку белого с какой-либо точкой λ на спектральной кривой *СЦ*, имеют одинаковый цветовой тон λ. Два цвета, дающие в сумме белый цвет, т. е. лежащие на отрезке прямой, проходящей через точку белого, называются дополнительными. Чем чище цвет, тем он располагается ближе к спектральной кривой.

Основные цвета люминофоров *R*, *G*, *B цветной приемной трубки* образуют *цветовой треугольник*. Все воспроизводимые с помощью такой трубки цвета находятся внутри этого треугольника. На рис. показана для сравнения область *ОК*, охватывающая все существующие краски (пигменты). Из графика видно, что в цветном телевидении могут воспроизводиться более чистые цвета, чем в цветной печати, фотографии и живописи. Вместе с тем некоторые чистые зеленые, голубые и синие цвета, лежащие левее треугольника *RGB*, а также чистые пурпурные, лежащие ниже треугольника, не воспроизводятся. Но такие чистые цвета встречаются лишь у некоторых газосветных ламп и в спектральных приборах. Предметов с такими цветами поверхности не бывает.

Цветовой контраст — разница в *цветности*, измеряемая числом *цветовых порогов*, лежащих на прямой, соединяющей две цветности на *цветовом графике*.

Цветовой порог — минимальная разница в *цветности*, которая еще ощутима зрением. Неразличимые цветности занимают на *цветовом графике* некоторый эллипс. Размеры и ориентация этих эллипсов зависит от цветности. При самых благоприятных условиях число раз-

личимых цветностей порядка 1000. Хорошее воспроизведение цветных изображений получается при числе квантованных значений цветности порядка 50.

Цветовой сигнал — сигнал цветного изображения, несущий информацию о трех компонентах или координатах цвета каждого *элемента изображения*. Обычно Ц. с. содержат *яркостный сигнал* и два сигнала *цветности* или цветоразностных сигнала (см. *Совместимая система цветного телевидения*).

Цветовой тон — характеристика *цвета*, определяемая длиной волны наиболее близкого спектрального цвета.

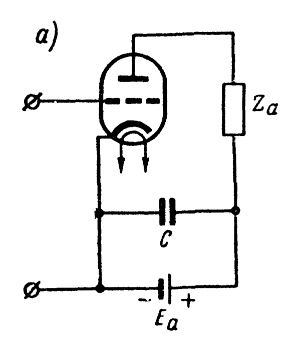
Цветовой треугольник — треугольник на *диаграмме цветности*, вершины которого соответствуют трем основным цветам: красному, зеленому и синему.

Цветоделенные изображения — изображения в одном из *основных цветов*: красном, зеленом и синем. Ц. и. получаются путем пропускания светового потока, несущего изображение, через соответствующий светофильтр, или создаются на экране *кинескопа*, *люминофор* которого излучает один из основных цветов. Ц. и. используются в *цветном телевидении*.

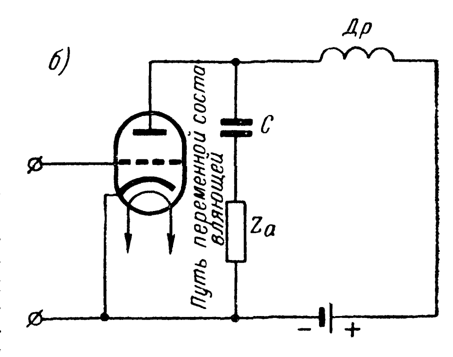
ЦДА — *цифровой дифференциальный анализатор*.

Центровка изображения — перемещение изображения в горизонтальном и вертикальном направлениях с целью правильного размещения его на экране. Необходимость Ц. и. вызывается перекосом электронно-оптической оси электронно-лучевой трубки по отношению к ее оси, а также влиянием внешнего магнитного поля Земли. Ц. и. осуществляется регулировкой постоянных составляющих *пилообразных токов* развертки или магнитным полем постоянного магнита (электромагнита), положение которого на горловине трубки можно регулировать.

Цепь анода электронной лампы — замкнутая цепь, состоящая из участка катод — анод внутри электронной лампы и внешней части цепи между анодом и катодом. Внешняя часть Ц. а. э. л. обычно состоит из



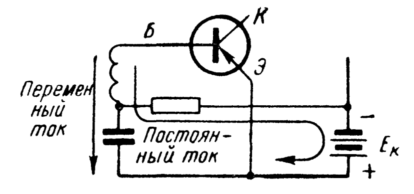
сопротивления анодной нагрузки $Z_а$ и источника э. д. с. $E_а$ создающего анодное напряжение (см. рис. *а*). В Ц. а. э. л. протекают как постоянная, так и переменная составляющие анодного тока. При этом постоянная составляющая протекает через сопротивление



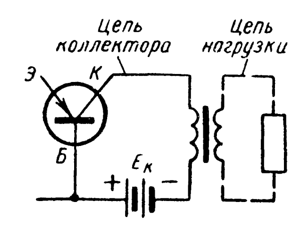
анодной нагрузки и источника э. д. с., а переменная составляющая — через сопротивление анодной нагрузки и емкость *C*, шунтирующую источник э. д. с. Иногда постоянную и переменную составляющие анодного тока разделяют так, что постоянная составляющая

не проходит через сопротивление анодной нагрузки; для этого сопротивление анодной нагрузки $Z_а$ включается между анодом и катодом (см. рис. *б*); чтобы переменная составляющая анодного тока не замкнулась накоротко через источник э. д. с. (который обычно имеет малое сопротивление для переменного тока), в цепь питания анода включается дроссель *Др*, представляющий достаточно большое сопротивление для переменной составляющей анодного тока. С другой стороны, источник э. д. с. не замыкается накоротко через сопротивление анодной нагрузки $Z_а$ (которое обычно для постоянного тока имеет малую величину) благодаря наличию в цепи конденсатора *С*. Такая схема называется схемой параллельного питания анода.

Цепь базы — замкнутая цепь, состоящая из участка *база — эмиттер* транзистора и внешней части

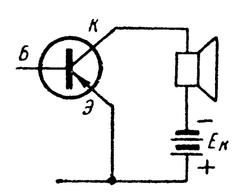


цепи между базой и эмиттером. Ц. б. рассматривают главным образом при включении транзистора по схеме с общим эмиттером (см. *Схе-*



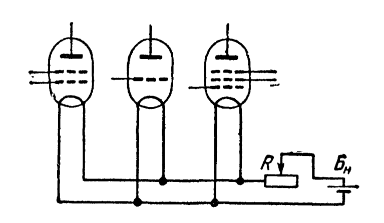
мы включения транзистора), причем внешняя часть Ц. б. содержит элементы связи с источником усиливающего сигнала (трансформатор, колебательный контур или *RC*-цепочку) и источник постоянного напряжения, в качестве которого чаще всего используется тот же источник, который служит для питания коллекторной цепи (см. рис.). От величины сопротивления постоянному току внешней части Ц. б. сильно зависит стабильность рабочей точки транзистора и предельно допустимое напряжение между коллектором и эмиттером. Поэтому желательно минимальное сопротивление постоянному току внешней части Ц. б.

Цепь коллектора — замкнутая цепь, состоящая из участка *коллектор — база* транзистора и внешней части цепи между коллектором и базой (при включении транзистора по схеме с общей базой, см. *Схемы включения транзистора*) или из участка коллектор — *эмиттер* и внешней части цепи между коллектором и эмиттером при включении транзистора по схеме с общим эмиттером. Во внешнюю часть Ц. к. обычно входит сопротивление полезной нагрузки (им может быть входное сопротивление следующего каскада или какое-либо исполнительное устройство: обмотка реле, громкоговоритель и др.) и источник постоянного напряжения («батарея коллектора» $E_к$, см. рис.). Очень часто приходится разделять пути постоянной и переменной составляющих коллекторного тока транзистора во внешней части Ц. к. При этом появляются дополнитель-



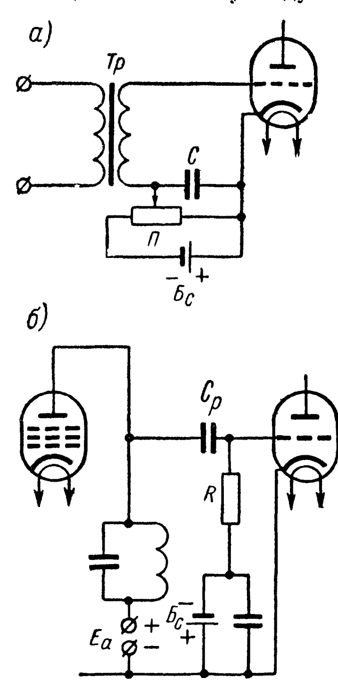
ные элементы связи участка коллектор—база или коллектор—эмиттер с полезной нагрузкой (трансформатор, *RC*-цепочка, колебательный контур).

Цепь накала электронной лампы — цепь, по которой протекает ток, накаливающий нить или подогреватель катода лампы. Помимо нити или подогревателя и источника э. д. с., в эту цепь иногда включается реостат накала *R* (см. рис.) для регулировки напряжения



накала или бареттер для автоматического поддержания тока накала. При нескольких лампах их нити накала (или подогреватели) обычно соединяются параллельно. В случае, когда напряжение источника э. д. с., создающего ток накала, значительно превосходит напряжение накала лампы, нити или подогреватели включаются последовательно. Если нити или подогреватели различных ламп требуют различных токов накала, то параллельно им включаются балластные сопротивления такой величины, чтобы токи накала каждой лампы имели требуемую величину.

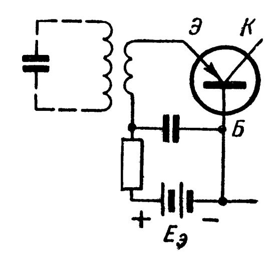
Цепь сетки электронной лампы — замкнутая цепь, состоящая из участка катод — сетка внутри лампы и внешней части цепи между сеткой и катодом. Внешняя часть Ц. с. э. л. состоит, например, из колебательного контура или вторичной обмотки трансформатора *Тр* (см. рис. *а*), создающего переменное напряжение на сетке лампы, и источника постоянного напряжения *сеточного смещения*. Это напряжение иногда подается от батареи смещения $Б_с$ непосредственно или через присоединенный к ней переменный делитель напряжения *П*, зашунтированный емкостью *С*; часто для создания отрицательного сеточного смещения служит сопротивление, включенное между отрицательным полюсом источника анодного напряжения и катодом (см. *Автоматическое смещение*). В многокаскадных ламповых усилителях переменное напряжение на сетку последующей лампы снимается с анодной нагрузки предыдущей лампы и подается на сетку следующей



лампы через разделительный конденсатор $С_р$ (см. рис. *б*); этот конденсатор препятствует попаданию на сетку высокого положительного напряжения из анодной цепи предыдущей лампы. Но при наличии разделительного конденсатора между сеткой и катодом должна быть включена *утечка сетки R*. Через это сопротивление *R* подается на сетку лампы отрицательное смещение и открывается путь к катоду тем из пролетающих через отвер-

стия сетки электронам, которые попадают на провода сетки, если отсутствует отрицательное сеточное смещение или величина его мала. Если бы утечка сетки отсутствовала, то электроны не могли стекать с сетки (так как конденсатор *C* преграждает им путь) и лампа оказалась бы запертой.

Цепь эмиттера — замкнутая цепь, состоящая из участка *эмиттер — база* транзистора и внешней части цепи между эмиттером и базой. Ц. э. рассматривают главным



образом при включении транзистора по схеме с общей базой (см. *Схемы включения транзистора*), причем внешняя часть Ц. э. содержит элементы связи с источником усиливаемого сигнала (трансформатор, *RC*-цепочку) и источник постоянного напряжения («батарею эмиттера»), если питание транзистора осуществляется от двух источников (см. рис.). Чем больше сопротивление внешней части Ц. э. для постоянного тока, тем выше стабильность рабочей точки транзистора.

Циклический код — один из типов *корректирующих кодов*, применяемых в технике связи и вычислительной технике. Для Ц. к. кодирование и декодирование сравнительно просто реализуется с помощью схем, построенных из *сдвигающих регистров* и *полусумматоров*. Функциональное построение регистра, генерирующего Ц. к., осуществляется на основании полинома $g(X)$, который математически задает Ц. к. В технике *аналого-цифровых преобразователей код Грея* иногда также называется Ц. к.

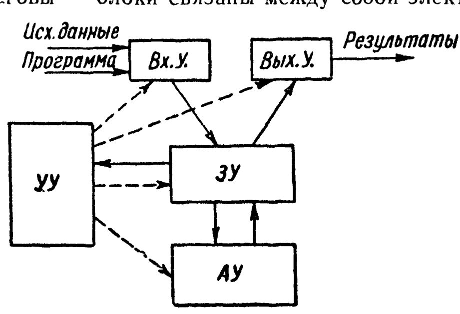
Цифро-аналоговые преобразователи — устройства для преобразования двоичных кодов в непрерывные (аналоговые) величины. Ц. п. применяются при сопряжении цифровой вычислительной машины с машиной непрерывного действия, в системах цифрового управления, в станках с программным управлением и т. д. Ц. п. можно разделить на две основные группы: преобразователи кодов в напряжение; преобразователи кодов в механические перемещения. Непосредственное преобразование кодов в напряжение осуществляется методом суммирования взвешенных напряжений или токов. Каждый разряд преобразуемого кода управляет через переключательный элемент напряжением, величина которого пропорциональна весу (значимости в численном смысле) этого разряда. Если в рассматриваемом разряде кода стоит единица, тогда напряжение, отвечающее весу этого разряда, просуммируется с напряжением всех остальных разрядов кода, где стоят единицы. В случае, когда в рассматриваемом разряде стоит нуль, переключательный элемент запрещает поступление взвешенного напряжения на суммирование. Преобразование последовательного кода в напряжение может быть осуществлено на цепочке *RC*, если к точности преобразования не предъявляются большие требования (четыре-пять двоичных разрядов). Преобразователи кодов в напряжение могут быть выполнены с промежуточным преобразованием в пропорциональные временные интервалы. Такие преобразователи являются относительно медленнодействующими.

Преобразователи двоичных кодов в перемещения реализуют пропорциональное преобразование в угол поворота вала. С точки зрения структуры все эти преобразователи представляют собой разомкнутые

или замкнутые системы *автоматического регулирования* (следящие системы). Наиболее просты преобразователи, использующие принцип суммирования приращений аналоговой величины (системы с шаговыми двигателями). Однако при применении преобразователей этого типа нужно учитывать возможность появления систематической ошибки. Кроме того, они обладают малым быстродействием. Самыми совершенными как по точности, так и по быстродействию являются цифровые следящие системы, хотя они сложны по схеме и содержат много оборудования. Цифровые следящие системы могут работать как в режиме преобразователя «код — угол поворота», так и в качестве преобразователя «угол поворота — код». Преобразователи с промежуточным преобразованием кода во временно́й интервал применяются лишь в специальных случаях ввиду сложности их схемы.

Цифровая вычислительная машина (ЦВМ) — вычислительная машина с программным управлением, обрабатывающая информацию, представленную в цифровой форме. Так как все современные ЦВМ строятся на электронных элементах и схемах, то часто употребляют термин *электронная вычислительная машина* как синоним термина ЦВМ. ЦВМ называют также вычислительными машинами дискретного действия. Важнейшим отличием ЦВМ от простых *вычислительных устройств* является автоматическое выполнение *программы*, записанной в *запоминающем устройстве*. Таким образом, после ввода программы и исходных данных ЦВМ может решать сложные задачи без участия человека в вычислительном процессе.

На упрощенной блок-схеме (см. рис.) показаны основные блоки ЦВМ: *арифметическое устройство* (*АУ*), запоминающее устройство (*ЗУ*), *устройство управления* (*УУ*), *устройство ввода* (входное устройство *Вх. У*) и *устройство вывода* (выходное устройство *Вых. У*). Эти блоки связаны между собой электрическими магистралями, причем на рис. цепи, предназначенные для передачи основной информации (чисел, команд), показаны сплошными линиями, а цепи управления — штриховыми линиями. Кроме указанных блоков, в комплект ЦВМ входит пульт управления, электрически связанный с устройством управления, и устройства для предварительной подготовки исходных данных, например для заготовки перфорированных носителей информации (перфокарт и перфолент).



ЦВМ характеризуются следующими основными параметрами.

1. Скорость работы (быстродействие), исчисляемая обычно количеством элементарных операций (типа сложения), которое машина может выполнить в единицу времени. За двадцатилетний период развития ЦВМ их быстродействие возросло с десятков операций в секунду до десятков и сотен тысяч операций в секунду. Некоторые уникальные образцы ЦВМ характеризуются быстродействием порядка миллиона и более операций в секунду (английская машина «Атлас», американские машины «Стратч», модель 70 системы ИБМ-360, CDC-6600 и др.). В ближайшее десятилетие ожидается создание ЦВМ с быстродейст-

вием порядка 10^7—10^8 *оп/сек.* Однако дальнейший рост быстродействия будет, по-видимому, ограничен предельной скоростью распространения электрических сигналов, так как при выполнении каждой арифметической операции требуется передача электрических импульсов от одних элементов машины к другим и на это расходуется некоторое время. Если в качестве примера рассмотреть ЦВМ небольших размеров, у которой среднее расстояние между элементами составляет около 30 *см*, то импульс будет проходить это расстояние за 1 *нсек*, т. е. предельное быстродействие составит 10^9 *оп/сек.* Учитывая, что фактически при выполнении арифметической операции требуется передать не один импульс, а несколько, и что требуется время для срабатывания самих элементов, этот предел следует понизить по крайней мере на порядок. Таким образом, для ЦВМ, основанных на современных принципах, получим предельное быстродействие порядка 10^8 элементарных операций в секунду. При оценке эффективного быстродействия ЦВМ следует учитывать их особенности, обусловленные системой команд, относительно медленно действующими устройствами ввода — вывода и рядом других факторов.

2. Емкость внешних и оперативных *ЗУ*, которой определяются математические и логические возможности ЦВМ. Емкость внешних *ЗУ* современных ЦВМ составляет 10^6—10^7 *бит*, достигая в отдельных уникальных системах 10^8—10^9 *бит.* Емкость оперативной памяти измеряется десятками — сотнями тысяч бит, достигая в наиболее мощных машинах десятков миллионов бит (например, модель 70 системы ИБМ-360).

3. Скорость ввода и вывода информации и тип предназначенных для этой цели устройств.

4. *Разрядность* чисел, с которыми оперирует ЦВМ. В зависимости от назначения и предъявляемых требований по точности разрядность чисел колеблется в пределах от десяти до ста разрядов. При этом управляющие машины оперируют с ($12 \div 30$)-разрядными числами; ЦВМ, предназначенные для научно-технических расчетов, — с ($30 \div 70$)-разрядными числами и для особо точных научных расчетов — с числами, которые могут содержать до 80—100 разрядов.

5. *Адресность* — количество адресов в команде.

6. Количество задач, которые могут решаться на машине одновременно. ЦВМ небольшой и средней мощности решают обычно только одну задачу. Однако мощные вычислительные системы при решении только одной задачи используются непроизводительно, и для повышения эффективности их использования применяют режим, допускающий одновременное решение нескольких задач (мультипрограммирование).

7. Набор команд, т. е. состав операций, которые могут выполняться машиной.

По назначению и соответствующим ему особенностям организации и конструкции ЦВМ можно разделить на четыре основных группы:

1. ЦВМ для научно-технических вычислений — как правило, универсальные ЦВМ с высокой точностью вычислений (большой разрядностью чисел), большой емкостью оперативного *ЗУ* и относительно небольшим количеством устройств ввода и вывода;

2. ЦВМ для обработки экономической информации, предназначенные для выполнения относительно несложных вычислений с большим количеством чисел. Эти ЦВМ характеризуются разветвленной системой устройств ввода и вывода и очень большой емкостью внешних *ЗУ* на магнитных лентах и барабанах. Работают они, как правило, в десятичной системе счисления.

3. Управляющие ЦВМ, предназначенные для управления технологическими процессами, подвижными объектами, военной техникой и т. д. В отличие от ЦВМ первых двух групп, информация в управляющие машины вводится не оператором, а от специальных *датчиков* и выводится не на печать, а на *исполнительные устройства.* При этом между датчиками и ЦВМ приходится помещать *аналого-цифровые преобразователи,* а между ЦВМ и исполнительными устройствами— *цифро-аналоговые преобразователи* информации. Типичными представителями советских управляющих ЦВМ являются машины «Днепр» и «УМ-1НХ».

4. Информационно-логические ЦВМ, применяемые для обработки результатов научных исследований и инженерных разработок, для автоматизации процессов поиска информации, обработки амбулаторных и клинических наблюдений больных и др. Характерным признаком этих машин является большая емкость памяти и, в частности, наличие *ассоциативных запоминающих устройств*, а также развитая система устройств ввода и вывода информации.

По производительности и математическим возможностям ЦВМ делятся на малые, средние и большие. К малым ЦВМ условно относят машины с емкостью оперативного *ЗУ* до 2 тыс. чисел, внешнего *ЗУ* — до 200 тыс. чисел и быстродействием до 5 тыс. *оп/сек* («Урал-1», «Раздан», «Проминь» и др.). У средних ЦВМ емкость оперативных *ЗУ* составляет 2—8 тыс. чисел, внешних *ЗУ* — более 200 тыс. чисел (причем часто имеется буферное *ЗУ*), быстродействие — до 20—30 тыс. *оп/сек* (БЭСМ, «Минск-2», «М-20» и др.). Наконец, большие ЦВМ характеризуются быстродействием порядка сотен тысяч операций в секунду; емкость их оперативных *ЗУ* может достигать десятков и сотен тысяч чисел, а внешних *ЗУ* — миллионов и десятков миллионов чисел.

В зависимости от типа основных активных элементов, использованных в схемах, различают ЦВМ ламповые (машины «первого поколения», выпускавшиеся до конца 50-х — начала 60-х годов) и полупроводниковые (машины «второго поколения»). Предполагается, что ЦВМ будущего десятилетия (машины «третьего поколения») будут строиться в основном на принципах *молектроники.* Первые ЦВМ этого типа разрабатываются и строятся уже в настоящее время. Строятся ЦВМ также и на некоторых других элементах: на электромагнитных реле (медленнодействующие ЦВМ), на пневматических и оптических элементах и *параметронах* и т. д.

По способу прохождения информации ЦВМ делятся на параллельные, последовательные и параллельно-последовательные. Наиболее быстродействующими являются параллельные ЦВМ, в которых передача и операции над кодами чисел происходят одновременно по всем разделам. Значительно медленнее работают (но и значительно проще и дешевле) ЦВМ с последовательной (поразрядной) обработкой кодов.

По принципу согласования во времени работы отдельных устройств ЦВМ подразделяют на синхронные и асинхронные. В первых рабочий такт для выполнения каждой операции имеет постоянную, заранее заданную длительность; во вторых — выполнение новой операции начинается по сигналу об окончании предшествующей операции. Асинхронные ЦВМ характеризуются большей скоростью вычислений, так как каждая операция в них выполняется в минимальное время; однако это достигается ценой большей конструктивной сложности и большего объема оборудования.

Производство ЦВМ как в нашей стране, так и за рубежом возрастает быстрыми темпами. Возни-

кают новые и все более сложные требования к качественным и количественным показателям ЦВМ. Основными тенденциями их дальнейшего развития являются: 1) повышение производительности за счет применения более быстродействующих элементов, улучшения структуры машины, параллелизма работы ее отдельных блоков; 2) снижение габаритов и повышение экономичности ЦВМ за счет *микроминиатюризации* элементов и блоков и применения при изготовлении их новых методов технологии, в частности, последних достижений молектроники; 3) значительного усовершенствования устройств ввода и вывода информации — создания для ввода приставок, читающих рукописные тексты, устройств для *опознания образов* (визуальных и акустических), *перцептронов*, а для вывода — электростатических, фотографических и других бесконтактных печатающих устройств; 4) расширения логических возможностей за счет построения самоорганизующихся и *обучаемых систем*.

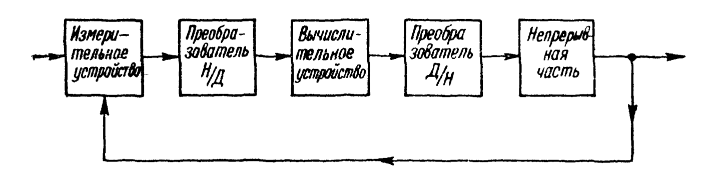
Цифровой дифференциальный анализатор — узко специализированная цифровая вычислительная машина, структурно составленная из однотипных *цифровых интеграторов*. В каждом цифровом интеграторе реализован какой-нибудь простейший алгоритм численного интегрирования (например, алгоритм Эйлера). Соединение интеграторов между собой осуществляется в соответствии со схемой решения задачи, причем алгебраические операции (например, умножение, деление) реализуются через операцию интегрирования. Ц. д. а., так же как и механические и электронные *дифференциальные анализаторы*, предназначены главным образом для решения дифференциальных уравнений. Ц. д. а. свойственны многие недостатки по сравнению с обычными цифровыми вычислительными машинами, которые обусловили относительно узкую область их применения. Если сравнивать цифровые вычислительные машины и Ц. д. а. по таким параметрам, как гибкость (универсальность), точность решения, скорость, количество оборудования, то ни по одной из этих характеристик Ц. д. а. не превосходит цифровые вычислительные машины. Лишь при решении очень узкого класса дифференциальных уравнений, которыми описываются некоторые медленно протекающие процессы управления технологическими установками или тому подобными объектами, может оказаться целесообразным применение Ц. д. а.

Цифровой интегратор — *интегрирующее устройство*, в котором процесс интегрирования осуществляется приближенным численным методом в цифровой форме на основе суммирования приращений. Основные блоки Ц. и. с параллельным переносом: *реверсивный счетчик*, *сумматор* накапливающего типа и группа *логических элементов* «И». Ц. и. являются основными элементами *цифровых дифференциальных анализаторов*.

Цифровые аналоги — то же, что *цифровые дифференциальные анализаторы*. Термин Ц. а. употребляется в оригинальной отечественной литературе, в то время как в зарубежной литературе преимущественно употребляется второй термин.

Цифровые регуляторы и следящие системы — устройства дискретного действия, аналогичные *автоматическим регуляторам* и *следящим системам* непрерывного действия, содержащие в своих цепях цифровые преобразовательные и вычислительные устройства. У цифровых регуляторов выработка необходимых законов регулирования производится численными методами в вычислительном устройстве, которое включает в себя арифметический блок, блок памяти и управляющий блок. Последний определяет программу работы вычислительного устройства. Одна из воз-

можных схем следящей системы с цифровым вычислительным устройством приведена на рис. На вход системы поступает непрерывный сигнал. В измерительном устройстве сравниваются два непрерывных сигнала: входной и сигнал обратной связи, которые подаются на преобразователь непрерывных величин в дискретные. Эти числа поступают в вычислительное устройство, обрабатываются в соответствии с его программой и затем появляются на входе в преобразователь дискретных величин в непрерывные. Сигналы с выхода последнего управляют непрерывной частью системы. Находят применение цифровые следящие системы без непрерывной части. Такие системы работают от дискретных входных сигналов и вырабатывают выходные данные в цифровом виде (в двоичной системе счисления).



Цоколь электронной лампы — часть конструкции лампы с выводами от электродов, предназначенная для установки лампы в ламповой панели. Наиболее распространен в современных приемно-усилительных лампах *октальный цоколь*. Однако в приемной аппаратуре и в телевизорах, как правило, применяют *пальчиковые лампы*, вообще не имеющие цоколя в обычном смысле.

Ч

Частота кадров — число кадров в секунду. Ч. к. по стандарту телевизионного вещания $n_к = 25$ *гц*.

Частота колебаний — число периодов колебаний за одну секунду. Ч. к. ν есть величина, обратная периоду колебаний T, т. е. $\nu = 1/T$.

Частота полей — число полей четных и нечетных строк в секунду. Ч. п. равна удвоенной частоте кадров (50 *гц*).

Частота следования (повторения) импульсов — количество импульсов в последовательности за одну секунду.

Частота строк — число передаваемых в секунду строк, включая и те, которые приходятся на время обратного хода кадровой развертки. Ч. с. $f_с = n_к z$, где z — номинальное *число строк*; $n_к$ — частота кадров. По стандарту телевизионного вещания СССР и Европы $f_с = 25 \cdot 625 = 15\,625$ *гц*.

Частота точек (элементов) — число передаваемых в секунду *элементов изображения*, включая и те, которые приходятся на интервалы обратных ходов *развертки* и фактически не передаются. Ч. т. $f_т = Nn_к = Kz^2 n_к$, где K — формат кадра; z — номинальное число строк; $n_к$ — частота кадров; N — номинальное число элементов.

Частотная модуляция — изменение частоты колебаний генератора под действием модулирующего напряжения. Ч. м. все шире и шире используется в радиотелефонии, так как она позволяет уменьшить помехи при приеме и в этом имеет преимущество по сравнению с *амплитудной модуляцией*. Однако это достоинство Ч. м. практически становится заметно лишь на достаточно коротких волнах, на которых девиацию частоты (т. е. пределы, в которых изменяется частота при модуляции) можно сделать доста-

точно большой. Для преобразования частотно-модулированных колебаний в колебания модулирующей частоты служит *частотный детектор*.

Частотная селекция — разделение сигналов, отличающихся по частоте колебаний. Наиболее широко применяемый в радиотехнике метод Ч. с. — это выделение сигналов данной частоты путем использования явления *резонанса*. Ч. с. может осуществляться также с помощью различного рода *фильтров*.

Частотная характеристика — график зависимости эффекта, даваемого тем или иным прибором (или отношения напряжений или токов на выходе и входе той или иной цепи), от частоты подводимых напряжений. Например, Ч. х. усилителя выражает зависимость величины его усиления от частоты входного напряжения. Ч. х. громкоговорителя выражает зависимость силы даваемого им звука от частоты подводимых напряжений (при неизменной их амплитуде) и т. д. Так как усиление можно характеризовать амплитудой напряжения на выходе (при неизменной амплитуде напряжения на входе), сила звука характеризуется амплитудами звукового давления и т. д., то Ч. х. иначе называют амплитудно-частотными характеристиками.

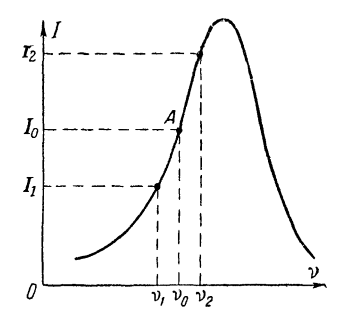
От многих цепей требуется, чтобы они одинаково воспроизводили колебания всех частот, подлежащих передаче, т. е. Ч. х. цепи должна быть близка к горизонтальной прямой во всем диапазоне частот передаваемых колебаний. Чтобы удовлетворить это требование, необходимо принять специальные меры; в противном случае в Ч. х появляются «завалы», преимущественно в области самых низких и самых высоких частот, которые указывают на то, что колебания этих частот плохо воспроизводятся прибором. Например, при радиопередаче и радиоприеме требуется, чтобы Ч. х. всего тракта представляла собой приблизительно горизонтальную прямую без «подъемов» и «завалов» на участке от 50 до 9000 *гц* (для художественного воспроизведения звуков). При этом не обязательно, чтобы Ч. х. каждого из элементов тракта удовлетворяла такому требованию. Комбинируя элементы с различными Ч. х., например приемник с «завалом» на высоких частотах, а громкоговоритель с «подъемом» на этих частотах, можно получить удовлетворительную Ч. х. всего тракта в целом.

Частотно-контрастные характеристики — относительная контрастность изображения синусоидальной миры на экране видеоконтрольного устройства в зависимости от ее пространственной частоты, т. е. числа периодов на единице длины. Синусоидальная мира — ряд полосок, яркость которых в поперечном направлении изменяется по синусоидальному закону, точнее, по синусоидальному закону с добавлением постоянной составляющей, равной амплитуде изменения яркости. Ч. х. аналогична коэффициенту передачи $K(\omega)$ или частотной характеристике линейных четырехполюсников. Аналогично определяются Ч. х. любого звена телевизионной системы или ее части, причем всегда предполагается работа на линейном участке *полутоновой характеристики* В тех случаях, когда на вход звена, например объектива, передающей электронно-лучевой трубки подается свет, входным сигналом служит синусоидальная мира.

Ч. х удобны в том отношении, что позволяют единым способом измерять характеристики объективов, передающих и приемных трубок, усилителей и других звеньев канала связи. Ч. х. всей системы или ее части получается перемножением Ч. х. каждого звена; это облегчает взаимную коррекцию (см. *Апертурная коррекция*).

Частотные искажения — несоответствие сигнала на выходе того или иного устройства сигналу на его входе, вызванное зависимостью *коэффициента передачи*, *чувствительности* или коэффициента полезного действия от частоты сигналов, передаваемых с помощью этого устройства. Величина Ч. и. определяется по неравномерности *амплитудно-частотной характеристики* исследуемого устройства, предназначенного для передачи сигналов. При *электроакустической передаче* Ч. и. могут быть восприняты на слух в виде искажения *тембра* звука. При телевизионных передачах Ч. и. могут вызвать различные искажения изображения.

Частотный детектор — устройство, служащее для преобразования частотно-модулированных колебаний в колебания модулирующей частоты. В большинстве случаев Ч. д. работают на принципе



преобразования *частотной модуляции* в *амплитудную модуляцию* и детектирования полученных амплитудно-модулированных колебаний обычным детектором. Простейшим элементом для преобразования частотной модуляции в амплитудную является колебательный контур, настроенный так, что изменения частоты частотно-модулированного колебания соответствуют одному из склонов кривой резонанса (см. рис.). Если происходят изменения частоты по некоторому закону от ν_1 до ν_2, то это приводит к изменениям амплитуды тока в контуре от I_1 до I_2 примерно по тому же закону. Таким способом можно принимать частотно-модулированные колебания на любой приемник, если один из его контуров расстроен по отношению к средней частоте ν_0. После этого колебание с частотой модуляции может быть получено при помощи обычного детектора. Приемники, специально предназначенные для приема частотно-модулированных сигналов, имеют большей частью Ч. д., которые по принципу действия аналогичны частотным *дискриминаторам*.

Частотный диапазон — полоса частот, в пределах которой находится амплитудно-частотный *спектр* данного сигнала. Ч. д. звуковых колебаний, возбуждаемых музыкальными инструментами, зависит от вида инструмента (например, для виолончели — от 60 до 9000 *гц*). Рабочим Ч. д. называется Ч. д., в пределах которого *частотные искажения*, вносимые тем или иным устройством, передающим, принимающим или возбуждающим различные колебания для технических целей, не превосходят допустимых пределов. Так, например, рабочий Ч. д. комплекса аппаратуры, применяемой при передаче телефонных разговоров или программы *вещания*, является одним из важнейших показателей, определяющих *класс качества систем связи*.

Частотный метод измерения расстояния — метод, применяемый в *радиодальномере*, передатчик которого излучает в сторону объекта, до которого определяется расстояние, частотно-модулированные электромагнитные колебания (см. *Частотная модуляция*), принимаемые после отражения от объекта приемником радиодальномера. Измеряемое расстояние определяется по разности частот колебаний, при-

нимаемого приемником и излучаемого в этот же момент времени передатчиком. Обычно частотная модуляция происходит по линейному закону, так что указанная разность частот пропорциональна времени, прошедшему от момента излучения радиоволны до момента ее возвращения к радиодальномеру, а следовательно, и расстоянию до объекта. По этому методу работают многочисленные *радиоальтиметры.*

Частотомер (герцметр) — прибор, предназначенный для измерения частоты переменного тока. Для контроля частоты в сетях переменного тока 50 *гц* могут применяться Ч. вибрационного типа. В этих приборах переменный ток, частота которого определяется, проходя по обмотке электромагнита, заставляет колебаться с удвоенной частотой упруго укрепленный якорь. С якорем механически связаны стальные пластинки, каждая из которых имеет свою, отличную от соседних пластинок, собственную частоту механических колебаний. Частоты собственных колебаний каждой пластинки отличаются от частот соседних пластинок на 1 или на 0,5 *гц.* Та пластинка, собственная частота которой совпадает с частотой вынужденных колебаний, будет колебаться с наибольшей амплитудой. На шкале прибора, против каждой из стальных пластинок, указана частота тока, при которой данная пластинка будет колебаться с максимальной амплитудой.

Другим Ч. для контроля частоты переменного тока 50 *гц* является стрелочный прибор, действующий по принципу *логометра.* Здесь обычно применяется ферродинамический логометр, т. е. пригодный для измерений в цепи переменного тока. В одну из двух параллельных цепей логометра включается активное сопротивление, другая же цепь имеет ярко выраженный реактивный характер. При изменении частоты меняется сопротивление лишь второй цепи, изменяется отношение токов в этих двух цепях и стрелка прибора перемещается вдоль шкалы, которую можно отградуировать в герцах. Ч. для измерения высоких частот обычно называют *волномерами.*

Частоты связи — см. *Связанные колебания.*

Чемпионы СССР по радиоспорту — победители первенств СССР по различным видам радиоспорта: по радиосвязи на коротких волнах, по радиосвязи на ультракоротких волнах, по «охоте на лис» (отдельно среди женщин и мужчин), по приему радиограмм с записью текста рукой, по приему радиограмм с записью текста на пишущей машинке. Чемпионы награждаются Золотыми медалями, а занявшие вторые и третьи места — серебряными и бронзовыми.

Чересстрочная развертка — *развертка* «через строку», принятая в телевизионном вещании. При Ч. р. частота кадровой развертки удваивается по сравнению с *прогрессивной разверткой* (50 *гц* вместо 25 *гц*). Благодаря этому за период полукадра *(поля)* 1/50 *сек* передается только половина всех строк, например нечетных, а за второй полупериод (второе поле) — все четные строки. За период полного кадра (1/25 *сек*) экран освещается дважды, т. е. с частотой полей (50 *гц*); а при такой частоте мелькания уже незаметны. В то же время мелькание каждой строки с частотой 25 *гц* также незаметно, в силу того, что *критическая частота слияния мельканий* для точечных и узких источников света ниже 25 *гц.* Устранение заметного мелькания простым удвоением частоты кадров $n_к$ при том же числе строк расширило бы *спектр сигналов изображения* вдвое. По стандарту телевизионного вещания Ч. р. осуществляется при нечетном числе строк $z = 625$, что обеспечивает размещение четных строк между

нечетными. При четном числе строк два поля развертывались бы совершенно одинаково, что привело бы к полному *слипанию строк*, т е. к прогрессивной развертке с удвоенной частотой кадров и половинным числом строк.

«Черный ореол» — потемнение фона вокруг изображения светлых объектов в *суперортиконе*. Ч. о. объясняется тем, что избыток вторичных электронов при образовании зарядного рельефа возвращается на соседние менее освещенные участки мишени, дополнительно снижая их потенциал; последний образует рельеф Ч. о.

Четвертьволновая линия — двухпроводная или коаксиальная линия, длина которой равна четверти длины *стоячей электромагнитной волны*, возбуждаемой в этой линии. Идеальная Ч. л. (без потерь) обладает особыми свойствами, которые определяются характером распределения амплитуд токов и напряжений в стоячих электромагнитных волнах. Если один из концов Ч. л. замкнут накоротко, то на нем образуется узел напряжения. При этом другой конец линии должен быть разомкнут, так как условия отражения волн на концах Ч. л. должны быть различны. На этом конце Ч л образуется пучность напряжения и узел тока. При этом *входное сопротивление длинной линии* у ее разомкнутого конца равно бесконечности, ибо у входа линии напряжение отлично от нуля, а ток равен нулю. Наоборот, у замкнутого конца линии входное сопротивление линии равно нулю, так как напряжение равно нулю, а ток отличен от нуля.

В реальной Ч. л , обладающей потерями, входное сопротивление не равно бесконечности в первом случае и нулю во втором, так как в узлах напряжения и тока реальной линии с потерями напряжение и ток соответственно падают до минимального значения, не равного нулю. Но при малых потерях входное сопротивление Ч. л. в первом случае очень велико, а во втором — очень мало по сравнению с ее *волновым сопротивлением*. Поэтому, если к разомкнутому концу отрезка какой-либо длинной линии присоединена Ч. л., то при замкнутом накоротко другом ее конце она не влияет на свойства отрезка длинной линии, так как входное сопротивление Ч. л. при этом очень велико по сравнению с волновым сопротивлением отрезка длинной линии. Если же конец Ч. л. разомкнут, то ее входное сопротивление очень мало и она замыкает конец отрезка длинной линии, к которому Ч. л. присоединена накоротко. Замыкая и размыкая концы таких Ч. л., можно осуществлять переключения отрезков длинных линий, образующих, например, фидерную систему *синфазной антенны* (конечно, при условии, что длина волны фиксирована, так как при изменении ее длины пришлось бы каждый раз менять длину Ч. л.). Если длина линии равна не четверти длины волны, а нечетному числу четвертей волны, то потери в линии по мере увеличения ее длины (т. е. числа четвертей волны) играют все более и более заметную роль, и тем меньше различаются по величине значения входного сопротивления линии при замыкании и размыкании другого конца линии.

Четкость изображения — одна из характеристик качества воспроизведения телевизионных изображений. Ч. и. оценивается числом *элементов разрешения* или числом различимых линий, умещающихся по высоте кадра, т. е. *разрешающей способностью* Это число не превышает числа *активных строк*. Приближенно Ч. и. часто оценивают номинальным *числом строк*.

Четырехполюсник — см. *Многополюсники*.

Четырехпроводный фидер — *фидер*, состоящий из четырех параллельных проводов, проходящих че-

рез четыре вершины квадрата (в сечении, перпендикулярном проводам). Обычно лежащие накрест провода соединяются параллельно и Ч. ф. работает как симметричная двухпроводная длинная линия.

Четырехслойный диод — см. *Переключающие диоды.*

Чистота цвета — характеристика цвета, определяемая отношением p чистого спектрального цвета к сумме белого и спектрального, из которых состоит данный цвет. Спектральные (насыщенные) цвета имеют чистоту $p = 1$, а белый и серые $p = 0$.

Чувствительность громкоговорителя — отношение эффективного *звукового давления* (в барах), создаваемого *громкоговорителем* на расстоянии 1 *м* в неограниченном пространстве, к квадратному корню из потребляемой электрической мощности (в вольт-амперах). Зависимость Ч. г. от частоты подводимого электрического напряжения называется *частотной характеристикой* и определяет качество работы громкоговорителя. Зависимость Ч. г. от направления, в котором определяется создаваемое звуковое давление, называется полярной характеристикой громкоговорителя.

Чувствительность к отклонению — параметр *электронно-лучевой трубки*, определяющий, какое отклонение пятна на экране получается при разности потенциалов на отклоняющих пластинах $u_y = 1$ *в*. Ч. к. о. S_y измеряется в *мм/в*. Зная S_y, можно рассчитать отклонение $y = S_y u_y$ в миллиметрах.

Чувствительность микрофона — отношение эффективного напряжения на выходе *микрофона* (в миливольтах) к эффективному *звуковому давлению* (в барах), воздействующему на микрофон. Зависимость Ч. м. от частоты воздействующих звуковых колебаний называется *частотной характеристикой* микрофона и является одним из основных качественных показателей работы микрофона. Зависимость Ч. м. от угла падения звуковых волн на микрофон называется полярной характеристикой микрофона, определяет направленность действия микрофона и является важной эксплуатационной особенностью микрофона.

Чувствительность передающих телевизионных трубок — способность передавать изображение при некоторой минимальной освещенности. Ч. п. т. т. оценивается той минимальной освещенностью $E_м$ наиболее светлого участка изображения на фотокатоде передающей трубки, при которой создается приемлемое отношение сигнал/шум $\psi_м$. Чувствительность телевизионных камер оценивается минимальной освещенностью на объекте (сцена) $E'_м$, при которой создается необходимое отношение $\psi_м$. Значение $E_м$ на один-два порядка меньше, чем $E'_м$, поскольку объектив камеры использует незначительную часть светового потока, отражаемого объектом. Ч. п. т. т. лежит в пределах 10^{-5}—10^2 *лк* в зависимости от типа трубки, требований к $\psi_м$, размеров фотокатода и *числа строк.*

Чувствительность приемника — характеристика способности приемника принимать слабые сигналы. Количественно Ч. п. принято характеризовать тем минимальным напряжением сигнала на входе приемника, при котором достигается удовлетворительный прием. Чем меньше это напряжение, тем выше чувствительность приемника. Напряжение на выходе приемника зависит, главным образом, от величины даваемого им усиления, т. е. от числа ламп и особенностей схемы. Однако увеличение усиления выше некоторого предела не приводит к дальнейшему повышению Ч п. вследствие наличия *собственных шумов приемника.* Порог Ч. п. определяется уровнем собственных шумов, который, помимо

свойств применяемых ламп и других особенностей приемника, существенно зависит от его *полосы пропускания*. Чем шире полоса пропускания приемника, тем больше мощность шумов на выходе приемника и тем хуже Ч. п. У лампового приемника с полосой пропускания порядка 10 *кгц* уровень собственных шумов на входе приемника имеет величину порядка единиц микровольт. В наиболее совершенных ламповых радиоприемниках чувствительность доводится до этой величины. В приемниках с очень широкой полосой пропускания, например телевизионных, Ч. п. обычно значительно хуже 1 *мкв*. Применение на входе приемника малошумящих усилителей, например *квантового усилителя*, позволяет значительно снизить порог Ч п.

Чувствительность фотоэлемента — отношение тока *фотоэлектронной эмиссии* к падающему на *фотокатод световому потоку*. Ч. ф. обычно измеряется в *мка/лм*. Ч. ф. зависит от спектрального состава светового потока. Эталонную Ч. ф. принято измерять для света, излучаемого лампой с вольфрамовой нитью накаливания при 2770° К. Для типовых фотокатодов значения эталонной Ч. ф. находятся в пределах 40—200 *мка/лм*. Предельная Ч. ф., которая получилась бы при вырывании одного фотоэлектрона каждым квантом света, на один-два порядка выше.

Чувствительные элементы — устройства для выявления отклонений регулируемых величин от заданных значений. Они делятся на элементы, чувствительные к изменениям: электрического напряжения, тока, мощности, частоты, температуры, влажности, давления, угловых координат, скорости вращения и т. д. Задающие элементы и устройства для сравнения часто выполняются в виде конструктивной части Ч. э., либо в виде части его измерительной схемы. Любой Ч. э. можно представить как устройство, преобразующее информацию с возмущающих и управляющих воздействиях. Ч. э. в зависимости от структурных схем принято делить на устройства с последовательным преобразованием, дифференциальные и компенсационные. При последовательном преобразовании чувствительность Ч. э. равна произведению чувствительностей отдельных звеньев. Ч. э. с дифференциальной схемой измеряют или сравнивают разность двух величин. Компенсационные Ч. э. основаны на автоматическом сравнении измеряемой и регулируемой эталонной величин и последующей отработке разности между ними, причем отрабатывается эталонная величина. Такие устройства представляют собой местные замкнутые *следящие системы*.

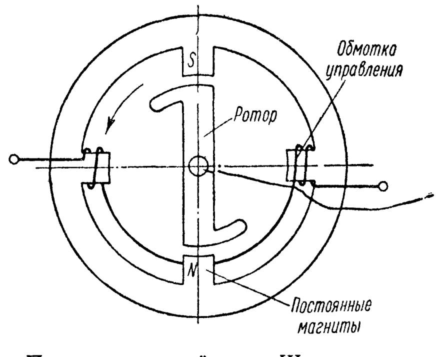
Ш

Шаг развертки — расстояние между осями двух соседних *строк телевизионного растра*. Ш. р. должен быть равен высоте изображения (*кадра*), разделенной на активное *число строк*.

Шаговая развертка — скачкообразное перемещение *электронного пучка* или *электронного изображения* вдоль *строки* на один растровый элемент. Ш. р. может осуществляться также при непрерывном изменении отклоняющего поля и периодическом отпирании электронного луча короткими импульсами подсветки, следующими с *частотой точек (элементов)*.

Шаговые двигатели — электрические двигатели, преобразующие управляющие импульсы в фиксированные углы поворота вала или фиксированные линейные перемещения без обратных связей Ш. д. находят широкое применение в автоматических устройствах, у которых управляющие сигналы в силу технологических и конструк-

тивных особенностей имеют дискретный характер. В системах программного управления и телемеханике Ш. д. используются там, где необходимо преобразовать последовательности импульсов в пропорциональные перемещения механизмов. В системах автоматического управления Ш. д. могут преобразовывать последовательности импульсов в фазомодулированные сигналы или могут быть использованы непосредственно для привода исполнительных механизмов с дискретным перемещением. Питание управляющих обмоток Ш. д. выполняется при помощи специальных *электронных коммутаторов*. Ш. д. делятся по числу обмоток управления на одно-, двух- и многообмоточные.

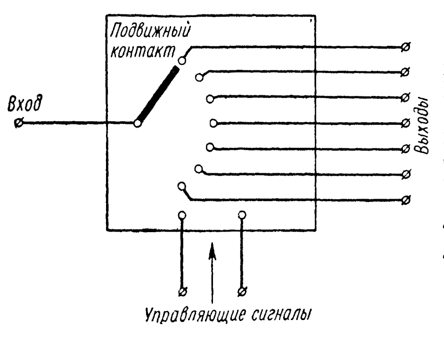


Пример простейшего Ш. д. с одной обмоткой управления на статоре, двухполюсным ротором и четырехполюсным статором приведен на рис. Одна пара полюсов статора выполнена из постоянных магнитов или имеет постоянно включенную на постоянное напряжение обмотку возбуждения, а вторая имеет обмотку управления. На роторе сделаны клювообразные выступы, определяющие направление вращения Ш. д. При обесточенной обмотке управления продольная ось ротора притягивается к постоянным магнитам. Под действием управляющего импульса ротор поворачивается, преодолевая сопротивление нагрузки и притяжение постоянных магнитов. Каждый из последующих импульсов поворачивает ротор на 90° в направлении клювообразных выступов. Описанная конструкция может быть выполнена с любым числом полюсов на статоре, кратным четырем. При этом число полюсов ротора должно быть вдвое меньше, а шаг двигателя, равный углу поворота ротора при включении одного импульса, будет обратно пропорционален $4k$ (где $k = 1, 2, \ldots$ — число пар полюсов ротора).

Рассмотренный Ш. д. является нереверсивным. Реверсивные Ш. д. должны иметь не менее двух обмоток управления и симметричную магнитную систему. Под действием импульсов одной полярности возбуждается одна из обмоток управления и ротор поворачивается в одну сторону, а под действием импульсов противоположной полярности возбуждается другая обмотка управления и ротор поворачивается в обратную сторону. В настоящее время выпускается много различных типов миниатюрных Ш. д. с печатными обмотками. Преимущество приводов с Ш. д. по сравнению со *следящими системами*, выполняющими такие же функции, состоит в том, что первые не имеют обратных связей и обеспечивают фиксированный поворот ротора на определенный шаг.

Шаговый искатель — электромеханический импульсный переключатель, предназначенный для коммутации большого числа цепей. Как и реле, Ш. и. имеет ряд контактов, которые под действием управляющего сигнала осуществляют переключение в исполнительных цепях. В простейшем случае исполнительная часть Ш. и. имеет один входной зажим и n выходных, как показано на рис. Под действием управляющего сигнала,

подаваемого на особый вход, подвижной контакт обегает поле неподвижных выходных контактов. Чтобы обойти все поле, надо последовательно подать n управляющих импульсов. После этого вновь замкнется 1-й контакт. Для соединения входного зажима с i-м выходом надо подать i управляющих входных сигналов. В качестве привода,



перемещающего подвижной контакт по неподвижным, служит электромагнит, на который подаются входные сигналы. Конструктивно один Ш. и. обычно включает в себя несколько полей неподвижных контактов со своими подвижными контактами, одновременно приводимыми одним электромагнитом. Число контактов на одном поле бывает обычно от 11 до 50. Скорость обхода определяется инерционностью электромагнита и составляет от одного до нескольких десятков шагов в секунду. Находят применение электромашинные распределители, подвижные контакты которых приводятся в движение электродвигателем непрерывного вращения или шаговым.

Шасси — панель, на которой монтируются отдельные детали аппаратуры (радиоприемника, выпрямителя и т. п.). Ш. делается из листового металла (алюминий, латунь и др.) или изоляционного материала (гетинакс, текстолит и т п.).

Ширина кривой резонанса — разность по частоте (т. е. расстояние по оси абсцисс) между двумя точками на кривой *резонанса*, в которых амплитуда вынужденных колебаний составляет определенную долю от их амплитуды при резонансе. Обычно в качестве таких точек выбираются точки, в которых амплитуда вынужденных колебаний составляет 0,7 от максимальной, т. е. энергия вынужденных колебаний составляет 0,5 от энергии при резонансе (так называемая Ш. к. р. по половине мощности). Характер явления резонанса, а вместе с тем и Ш. к. р. однозначно определяется *добротностью* контура, в котором явление резонанса протекает. Для одиночного колебательного контура Ш. к. р. по половине мощности равна:

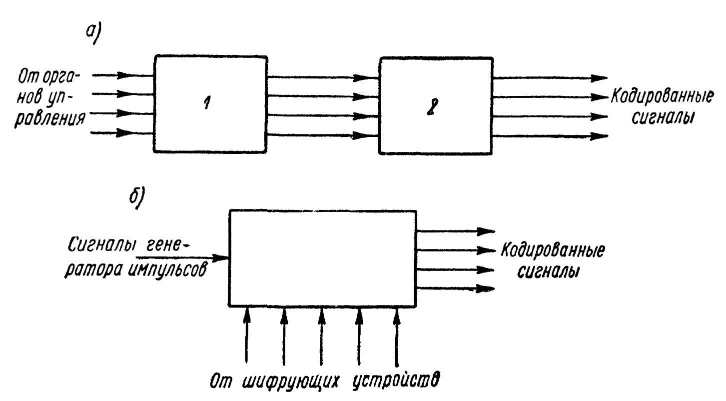
$$2\Delta\nu = \frac{\nu}{Q},$$

где $\Delta\nu$ — разность между частотой ν, соответствующей резонансу, и любой из двух частот, при которых амплитуда составляет 0,7 от резонансной, а Q — добротность этого контура. Так как обе эти частоты лежат симметрично от резонансной, пока затухание контура не очень велико, то можно брать абсолютное значение разности любой из этих частот и ν.

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) — вид *импульсной модуляции*, при которой изменяется длительность (ширина) импульсов.

Шифраторы — устройства, применяемые в телемеханических системах для преобразования передаваемых сигналов в дискретные коды. Они могут быть разделены на Ш. признаков импульсов и комбинационные. Ш. признаков импульсов обеспечивают каждому отдельному импульсу необходимый кодовый признак (полярность, длительность, амплитуду). Комбинационные Ш. обеспечивают формирование сообщения с определенным порядком передачи импульсов с

различными значениями кодовых признаков. Комбинационные Ш. состоят из ряда Ш. признаков импульсов. Применяются два типа Ш. признаков импульсов: Ш., изменяющие параметр генераторов импульсов (см. рис. *а*), и Ш.-преобразователи (см. рис. *б*).



В первом случае необходимое значение признака импульсов формируется генератором импульсов *2*, которым управляет Ш. Генератор импульсов обычно содержит один или несколько элементов, определяющих значение данного признака импульса. Такие элементы называются шифрующими. В качестве шифрующих элементов используются сопротивления, емкости и т. д. При изменении данного признака импульсов должны изменяться шифрующие элементы или их параметры.

Во втором случае на выходе Ш. формируются импульсы с требуемыми различными значениями того или иного признака при подаче на вход сигналов с постоянными или неточно установленными значениями этого признака. Управление Ш.-преобразователем осуществляется при помощи специальных управляющих (шифрующих) устройств. Такими устройствами могут быть различные потенциометрические делители напряжения, переключающие схемы и т. д.

Основными параметрами Ш. являются: число значений устанавливаемого признака импульса; область расстройки и нестабильности. Область расстройки и нестабильности характеризуют пределы, внутри которых может изменяться устанавливаемое значение данного признака при различных эксплуатационных условиях. Область расстройки и нестабильности Ш. должна быть согласована с соответствующей областью срабатывания дешифратора.

Шкала (радиоприемника) — служит для определения длины волны, на которую настроен приемник. На Ш. обычно указываются длины волн в метрах и частоты в килогерцах или мегагерцах, а около определенных длин волн названия некоторых радиостанций, работающих на этих волнах. В соответствии с числом диапазонов, на которые может настраиваться приемник, обычно имеется несколько Ш. Специальный указатель, действующий от переключателя диапазонов, показывает, по какой именно Ш. следует определять настройку приемника. В современных радиоприемниках чаще всего применяются стеклянные Ш.

Шлейф-гальванометр — *гальванометр*, в котором подвижной системой служит легкая петелька из очень тонкой металлической ленты, расположенная между полюсами постоянного магнита. При пропускании постоянного тока через петельку она отклоняется в магнитном поле. Отклонение ее отсчитывается при помощи микроскопа, дающего увеличенное изображение края петельки, и шкалы. Так как масса петельки очень мала по сравнению с массой катушки обычного гальванометра, Ш. менее инерционен и поэтому требует гораздо меньше времени для снятия отсчета, чем обычный гальванометр.

Шлейф-осциллограф — *осциллограф* для наблюдения и фотографической регистрации не очень быстрых электрических процессов. Подвижной системой Ш. служит легкая петелька из очень тонкой проволоки («шлейф»), помещенная между полюсами постоянного магнита или электромагнита. На петельке укреплено небольшое зеркальце, на которое направляется узкий пучок света. При пропускании тока через шлейф последний отклоняется в магнитном поле, а вместе с ним отклоняется зеркальце и отражающийся от него пучок света. Благодаря подвижности шлейфа эти отклонения следуют за изменениями тока. Пучок света, идущий от зеркальца, направляется на многогранное вращающееся зеркало. Оно создает отклонение пучка с постоянной скоростью в направлении, перпендикулярном тому, в котором отклоняется пучок при колебаниях шлейфа. В результате пятно, получающееся от пучка света на экране, прочерчивает на нем кривую, которая изображает изменение во времени тока, текущего через шлейф. Для записи процесса пучок света направляется не на экран, а на фотопленку или фотобумагу.

Шротт-эффект — то же, что *дробовой эффект*.

Шулейкин Михаил Васильевич (1884—1939) — выдающийся советский ученый, академик. В 1908 г. окончил электромеханический факультет Петербургского политехнического института и был оставлен при институте для специализации в области радиотехники.

В 1916 г. Ш. первый указал на существование боковых полос в модулированном колебании. Переехав в 1918 г. в Москву, он до конца жизни работал в радиотехнических учреждениях Красной Армии; в 1919 г. был избран профессором Московского высшего технического училища и читал там ряд курсов по различным вопросам радиотехники. Педагогическая деятельность Ш. сыграла огромную роль в развитии советской радиотехники. Многие крупнейшие радиоспециалисты являются его учениками.

Ш. провел важные исследования по теории распространения радиоволн, дал расчетные формулы радиопередачи вдоль земной поверхности, разработал основы современной теории преломления радиоволн в ионосфере, теорию длинноволновых антенн и формулы для их расчета; опубликовал ряд работ по распространению коротких волн, теории электронных ламп, ламповых генераторов и приемников.

Шумовая температура — количественная характеристика мощности *электрических флуктуаций*, основанная на сравнении с мощностью теплового *электромагнитного излучения* абсолютно черного тела, т. е. полностью поглощающего все падающие на него электромагнитные волны независимо от их длины. Тогда, как показал Кирхгоф, черное тело должно обладать вполне определенной излучательной способностью и в каждом данном участке спектра должно излучать вполне определенную мощность, зависящую лишь от температуры черного тела. Спектр любых электрических флуктуаций, независимо

от их происхождения, так же как и спектр теплового электромагнитного излучения черного тела, является сплошным. В достаточно узком участке спектра всегда можно так подобрать температуру абсолютно черного тела, чтобы мощность его теплового электромагнитного излучения в этом участке была равна мощности рассматриваемых электрических флуктуаций, приходящихся на тот же участок спектра. Подобранная таким образом температура абсолютно черного тела и называется Ш. т. рассматриваемых электрических флуктуаций (и вообще любого процесса, спектр которого сплошной). Ш. т. принято отсчитывать по шкале абсолютных температур, т. е. выражать в градусах Кельвина (°К).

Шумовое напряжение — хаотически меняющееся напряжение, обусловленное какими-либо нерегулярными электрическими процессами, например, *электрическими флуктуациями* в каком-либо проводнике или в электронной лампе. Вследствие полной хаотичности Ш. н., мгновенное значение которого есть $u_ш$, среднее значение по времени от этой величины $\bar{u}_ш = 0$. Поэтому для количественной оценки Ш. н., как и всякой хаотически меняющейся величины, применяют не среднее значение $\bar{u}_ш$, а среднеквадратическое $\bar{u}^2_ш$ (поскольку $u^2_ш$ положительно как при положительных, так и при отрицательных значениях $u_ш$, то $\bar{u}^2_ш \neq 0$). Величина $\sqrt{\bar{u}^2_ш}$ называется эффективным Ш. н. и характеризует среднее значение Ш. н. Величина же $\bar{u}^2_ш$ характеризует мощность шумов в том сопротивлении, на зажимах которого Ш. н. действует ($\bar{u}^2_ш$ численно равно той мощности шумов, которую Ш. н. $\sqrt{\bar{u}^2_ш}$ выделяет на сопротивлении, равном 1 *ом*). Мощность шумов прямо пропорциональна абсолютной температуре проводника. Как и всякая хаотически меняющаяся величина, мощность шумов имеет сплошной *спектр*, спектральную плотность которого можно считать одинаковой в пределах широкого диапазона частот. Поэтому при данной температуре проводника и данном его сопротивлении шумовая мощность пропорциональна той полосе частот, которую заполняет спектр этих шумов.

Шумовое сопротивление электронной лампы — некоторое эквивалентное сопротивление, которое, будучи включено в цепь управляющей сетки лампы, создает благодаря тепловым флуктуациям в нем такую флуктуацию анодного тока, какая фактически наблюдается в данной лампе за счет ее физических свойств. Ш. с. э. л. — шумовой параметр лампы, которым удобно пользоваться для количественной оценки уровня собственных *шумов электронных ламп*. В основу этого параметра положено наличие шумового флуктуационного напряжения, вызванного тепловым движением электронов, на концах всякого проводника с сопротивлением R. Действующее значение этого напряжения

$$U_ш = \sqrt{4kTR\Delta f},$$

где k — постоянная Больцмана; T — абсолютная температура проводника; Δf — полоса частот, внутри которой учитывают энергию шумовых колебаний.

Необходимость введения величины Δf вызвана тем, что спектр шумовых колебаний охватывает все частоты, а нами учитываются лишь находящиеся в полосе частот пропускания той цепи (усилителя, приемника), для которой подсчитывают шумы.

Для триода, работающего без сеточных токов, вычисления дают следующее приближенное значение Ш. с. э. л.:

$$R_ш \approx \frac{2{,}5}{S},$$

где $R_ш$ — шумовое сопротивление триода; S — крутизна его характеристики.

Если S выражено в *ма/в*, то $R_ш$ получается в килоомах.

Для пентода приближенная формула имеет вид:

$$R_ш \approx \frac{2{,}5}{S} \cdot \frac{I_a}{I_a + I_{g2}} \times \left(1 + 8\frac{I_{g2}}{S}\right),$$

здесь $R_ш$ — шумовое сопротивление пентода, *ком*; I_a — анодный ток, *ма*; I_{g2} — ток второй сетки, *ма*; S — крутизна, *ма/в*.

Шумовое сопротивление пентода, при одинаковой *крутизне* характеристики получается в несколько раз больше, чем у триода. В приведенных формулах не учитываются шумы от флуктуаций сеточного наведенного тока при сверхвысоких частотах (см. *Шумы электронных ламп*).

Шумовой диод — один из источников колебаний сплошного спектра, применяемых в *генераторах шумов*. Вследствие того, что анодный ток диода испытывает нерегулярные колебания (см. *Дробовой эффект*), на сопротивлении, включенном в анодную цепь диода, возникает *шумовое напряжение*, зависящее от величины анодного тока. В режиме насыщения средний квадрат шумового напряжения пропорционален величине анодного тока. Изменяя накал катода диода, а вместе с тем и величину его анодного тока, можно в широких пределах изменять величину шумового напряжения. Измерив величину анодного тока в режиме насыщения, можно определить средний квадрат шумового напряжения. Для точного определения уровня шумов, даваемых Ш. д., требуется специальная его калибровка.

Шумомер — прибор для измерения акустических шумов (например, в помещении) или любых акустических сигналов с широкополосным спектром. Ш. содержит *микрофон*, *микрофонный усилитель* и стрелочный индикатор уровня. Градуировка Ш. заключается в определении зависимости отклонения стрелки от действующего на микрофон *звукового давления*. Шкала прибора градуируется в *децибелах* и *фонах*. В последнем случае Ш. содержит псофометрический контур, вносящий поправку в показания прибора, соответствующую разнице уровня звукового давления, действующего на микрофон, и уровня громкости. Так же как *импульсметр*, Ш. имеет определенное время интеграции, т. е. дает показания, усредненные за тот или иной промежуток времени. Часто Ш. снабжается *полосовыми фильтрами*, позволяющими измерять уровни акустических сигналов в определенных диапазонах частот, соответствующих полосам прозрачности включенного фильтра.

Шум-фактор — число, показывающее, во сколько раз собственные *шумы приемника* превышают уровень собственных шумов в идеальном нешумящем приемнике, присоединенном к антенне, не принимающей никаких сигналов. В таком идеальном приемнике уровень собственных шумом определяется наличием только тепловых *электрических флуктуаций* на входе приемника. Во всяком реальном приемнике, помимо тепловых флуктуаций на входе, возникают флуктуации иной природы, например *дробовой эффект* в лампах приемника, вследствие чего Ш. всякого реального приемника больше единицы. Чем меньше Ш. приемника, тем меньше может быть мощность того порогового сигнала, который еще может быть выделен приемником, и тем лучшая чувствительность может быть достигнута в этом приемнике, конечно при условии, что мощность шумов, попадающих в приемник извне, ниже мощности его собственных шумов (если это условие не соблюдено, то реализуемая чув-

ствительность приемника определяется не его Ш., а мощностью внешних шумов).

Шумы приемника — нерегулярные колебания напряжения на выходе приемника, вызванные процессами, происходящими в самом приемнике. При достаточно большом усилении эти колебания напряжения воспроизводятся громкоговорителем приемника в виде шума. Причинами Ш. п. являются *электрические флуктуации* в цепях приемника. Вызванные этими процессами флуктуации напряжения усиливаются последующими каскадами усиления. Больше всего усиливаются флуктуации напряжения во входных цепях приемника и в его первых каскадах. Ш. п. принято характеризовать *шумовым напряжением* или шумовой мощностью, приведенными к входу приемника.

Помимо собственных Ш. п., на его вход могут попадать извне всякие нерегулярные электрические воздействия, имеющие характер шумов, например атмосферные разряды, *космическое радиоизлучение* и т. д. Если мощность подобных воздействий, попадающая на вход приемника, сравнима с мощностью собственных Ш. п., то эти воздействия так же влияют на чувствительность приемника, как и собственные Ш. п. Если мощность принимаемого сигнала на входе приемника меньше приходящейся на полосу пропускания мощности всех шумов на входе приемника, то, поскольку в следующих каскадах шумы и сигнал усиливаются одинаково, соотношение между ними остается неизменным, а значит, выделение сигнала на фоне шумов оказывается невозможным. Это относится к приему «обычных» связных сигналов, когда ширина полосы пропускания приемника должна быть равна полосе, занимаемой спектром сигнала, а *постоянная времени* выходного устройства приемника должна быть равна наименьшему из периодов модуляции.

Таким образом, чувствительность приемника, т. е. мощность того порогового сигнала, который еще может быть выделен данным приемником на фоне шумов, зависит не только от мощности собственных Ш. п., но и от мощности тех шумов, которые действуют на вход приемника. Правда, многие из этих внешних шумов действуют на приемник не всегда или устранимы. Но некоторые из этих воздействий принципиально неустранимы (например, *космическое радиоизлучение* или тепловое радиоизлучение атмосферы). И если мощность этого излучения, попадающего в приемник, больше мощности Ш. п., то именно первая мощность и определяет реализуемую чувствительность приемника.

Дополнительным источником Ш. п., в котором используются лампы с активированным катодом, является *мерцание катода*, увеличивающее спектральную плотность шумов в низкочастотной части спектра (так как колебания тока эмиссии, обусловленные мерцанием катода, происходят с сравнительно низкими частотами).

Шумы электронных ламп — нерегулярные колебания напряжения на сопротивлении нагрузки электронной лампы, вызванные физическими процессами, протекающими в самой лампе, и могущие создавать *шумы приемника*, в котором она установлена. Причин, вызывающих Ш. э. л., несколько. Одна из них — *дробовой эффект* — наблюдается во всех типах ламп и при любых частотах сигналов. Если в лампе имеется хотя бы одна сетка с положительным потенциалом, то шумы возрастают; это объясняется непостоянством токораспределения между анодом и положительно заряженной сеткой, что вызывает добавочную флуктуацию анодного тока. Другой причиной является *динатронный эф-*

фект, так как выход вторичных электронов из металла неравномерен.

При работе лампы на сверхвысоких частотах, когда время пролета электронов соизмеримо с периодом переменного напряжения на сетке, в цепи сетки возникают наводимые *сеточные токи* (см. также *Входное сопротивление электронной лампы*). Флуктуации анодного тока вызывают флуктуации и в наводимом токе в цепи сетки, что создает флуктуации напряжения на сеточном контуре и, в результате усиления их лампой, — дополнительные флуктуации на нагрузке в цепи анода. Перечисленные Ш. э. л. можно отнести к внутренним шумам. Могут быть и шумы ламп, вызванные внешними причинами. К ним относится *микрофонный эффект*.

Шунт — цепь, включаемая параллельно данной цепи или прибору. Ш. применяются, например, для расширения пределов измерений амперметров. В Ш. ответвляется часть общего тока, тем бо́льшая, чем меньше сопротивление шунта.

Шуховская башня — опора антенны радиостанции в Москве. 30 июля 1919 г. Совет Труда и Обороны за подписью В. И. Ленина издал постановление, в котором предписывалось: «Для обеспечения надежной и постоянной связи центра Республики с западными государствами и окраинами Республики поручается Народному комиссариату почт и телеграфов установить в чрезвычайно срочном порядке в г. Москве радиостанцию, оборудованную приборами и машинами, наиболее современными и обладающими мощностью, достаточной для выполнения указанной задачи». Во исполнение этого постановления в Москве на Шаболовке была вскоре построена дуговая радиостанция мощностью 100 *квт.* В качестве одной из опор для ее антенны в 1921 г. была сооружена свободно стоящая (без оттяжек) башня высотой 150 *м* оригинальной конструкции В. Г. Шухова, которая стала эмблемой советского радио. Башня состоит из шести расположенных один над другим гиперболоидов по 25 *м* каждый и опирается на бетонный фундамент диаметром 40 *м.* На Ш. б. теперь установлены антенны Московского телевизионного центра.

Щ

Щелевая антенна — щель, прорезанная в поверхности *волновода* или *объемного резонатора* таким образом, что она излучает электромагнитные волны, возбуждаемые в волноводе или объемном резонаторе (для этого щель должна пересекать линии токов, текущих по внутренней поверхности волновода или резонатора). Щ. а. излучает сильнее всего в направлении, перпендикулярном поверхности, в которой прорезана щель, и в случае прямолинейной щели обладает диаграммой направленности, сходной с диаграммой направленности вибратора. Щель, прорезанная в плоском металлическом экране и питаемая фидером, концы которого присоединены к противоположным краям щели, также является Щ. а. Прорезав в экране несколько рядов параллельных щелей и питая их все синфазно, можно создать Щ. а., по направленным свойствам аналогичные многовибраторным *синфазным антеннам*. Щ. а. широко применяются на сверхвысоких частотах, особенно в тех случаях, когда конструкция антенны не должна выступать, например, над поверхностью самолета, какого-либо сооружения и т. п.

Щелевой эффект — явление, препятствующее передаче высоких частот при записи и воспроизведении сигналов. Так, например, при *магнитной записи звука* запись и воспроизведение обусловлены наличием щели в головках записи и

воспроизведения. Длиной волны записи называется участок длины *сигналоносителя*, в пределах которого размещается запись одного периода синусоидального сигнала. Если ширина щели соизмерима с длиной волны записи, то сигнал записывается и воспроизводится с *частотными* и *нелинейными искажениями*. Щ. э. сказывается и при *оптической записи звука*, так как в этом процессе применяется световой штрих, ширина которого также может оказаться соизмеримой с длиной волны записи. Для уменьшения искажений необходимо уменьшать ширину зазора (или штриха) либо повышать скорость движения сигналоносителя. Явление, аналогичное Щ. э., называемое эффектом неогибания, возникает при *механической записи звука* и вызвано соизмеримостью линейных размеров площади острия иглы *звукоснимателя* и ширины бороздки записи.

Э

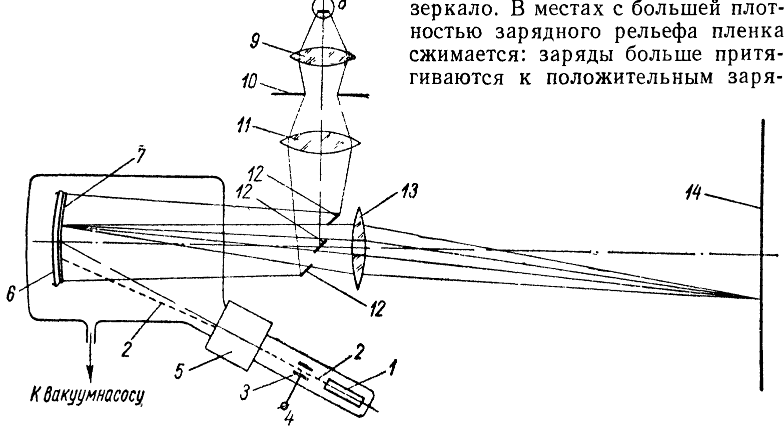
Эвристическое программирование — одно из направлений в *кибернетике*, содержанием которого является составление программы для универсальной *цифровой вычислительной машины* или четких правил (рекомендаций) для человека, основанное на предварительном изучении прецедентов решения задачи. Э. п. имеет смысл только в тех случаях, когда не существует (или не известен) *алгоритм* решения задачи в приемлемые сроки и доступными средствами вычислительной техники. Э. п. — молодой раздел кибернетики. Поэтому в нем еще не сложились общепринятые определения и многие стороны Э. п. остаются дискуссионными. Э. п. претендует на решение таких задач, как игра в шахматы, составление сложных расписаний, доказательство некоторых теорем и т. д. В такого рода задачах могут существовать алгоритмы, но они приводят к необходимости пересмотра (перебора) необозримо большого числа возможных вариантов, что непосильно даже для современных быстродействующих цифровых вычислительных машин. Так, если на шахматной доске находится десять белых и десять черных фигур, и каждая из них может передвинуться на один из шести квадратов, то число возможных ходов в каждом положении равно примерно 6^{10}. Чтобы найти два наилучших ближайших хода белых и черных, надо просмотреть около 6^{40} возможных вариантов. Для решения такой задачи на машинах с быстродействием в миллион операций в секунду потребуется миллиард миллиардов лет.

Человек успешно решает многие, в том числе и шахматные, задачи за сравнительно короткое время. Считают, что методы решения человеком сложных задач являются эвристическими. Определяет решение задачи не алгоритм, а эвристика, т. е. правило, ведущее в большинстве случаев к правильному результату и позволяющее принимать удовлетворительное, хотя, быть может, и не лучшее, решение в условиях использования небольшого количества информации. Вообще, Э. п. не гарантирует нахождение решения, его единственность или оптимальность, но, усложняя программу и создавая более мощные эвристические приемы, можно сколь угодно близко подойти к практически оптимальному решению задачи. Э. п. предполагает использование всех тех приемов, которые разработаны в педагогике, психологии, прикладной математике при обучении человека решению сложных задач. Основным положением Э. п. является следующее утверждение: сложный процесс переработки информации при решении сложной задачи должен быть расчленен на элементарные информационные процессы. В рамках Э. п. предпринимаются

попытки использовать такие известные приемы решения задач человеком, как выдвижение гипотезы, ее проверка и переход (в случае неудачи) к новой гипотезе и т. д., до тех пор, пока после серии догадок не придет удовлетворительное решение. В ряде случаев Э. п. позволило провести планирование с очень близким приближением к оптимальному решению. При этом достигался выигрыш за счет скорости решения.

Э. д. с. взаимоиндукции — см. *Взаимоиндукция.*

Э. д. с. самоиндукции — см. *Самоиндукция.*



1 — электронный прожектор; *2* — записывающий электронный луч; *3* — моделирующая электростатическая линза; *4* — напряжение несущей частоты, модулированное видеосигналом; *5* — отклоняющая и фокусирующая система; *6* — сферическое зеркало; *7* — масляная пленка; *8* — ксеноновая лампа; *9* — конденсорная линза; *10* — диафрагма; *11* — объектив; *12* — зеркала щелевого растра; *13* — проекционный объектив; *14* — внешний экран.

Эйбикон — высокочувствительная передающая телевизионная трубка, в которой *потенциальный рельеф* образуется на двусторонней мишени за счет *наведенной проводимости.* Электронное изображение фокусируется с фотокатода на тонкую алюминиевую *сигнальную пластину* и пробивает ее благодаря энергии электронов порядка 10^4 *эв.* Мишень расположена на сигнальной пластине с противоположной стороны. Потенциальный рельеф образуется на ней, как в *видиконе* и *графеконе*: в более освещенных местах проводимость мишени увеличивается. Бóльшая чувствительность получается в результате усиления *фототока* наведенной проводимостью.

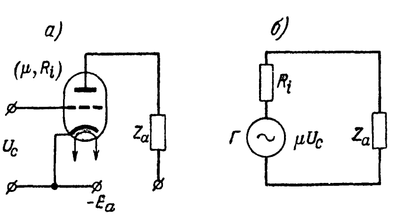
Эйдофор — *светоклапанная система* для проекции телевизионного изображения на большой экран. Изображение записывается на тонкой (100 *мк*) масляной пленке *(мишени)* модулированным *электронным лучом*, который образует на ней *зарядный рельеф.* Пленка нанесена на сферическое алюминиевое зеркало. В местах с большей плотностью зарядного рельефа пленка сжимается: заряды больше притягиваются к положительным зарядам, индуцированным на поверхности зеркала. Записывающий луч модулируется напряжением несущей частоты (> 15 *Мгц*) с помощью специальной *электростатической линзы.* При этом изменяется диаметр пятна, т. е. плотность зарядов на пленке. В результате ее поверхность деформируется: вдоль строки образуется «рябь» наподобие дифракционной решетки. Амплитуда

модуляции и амплитуда ряби пропорциональны *сигналу изображения*.

При передаче сигнала черного ряби нет и поверхность пленки гладкая. Световой поток от мощной ксеноновой лампы попадает на зеркало с пленкой, отражаясь от зеркального щелевого растра, расположенного вблизи центра сферической поверхности зеркала. Отраженный от гладких мест пленки свет снова попадает на зеркала растра и через проекционный объектив не проходит. Соответствующие места на экране остаются темными. Но в местах, покрытых рябью, свет рассеивается. Часть светового потока, пропорциональная амплитуде ряби, проходит между полосками растра и проекционный объектив, который проецирует поверхность пленки на внешний экран. Масляная пленка делается слегка проводящей, так что за время одного кадра заряды рельефа постепенно стекают на зеркало. За то же время силы поверхностного натяжения пленки разглаживают рябь. «Прозрачность» участков пленки «с рябью» сохраняется примерно в течение трети периода кадра. В результате на внешний экран попадает огромный *световой поток*; это позволяет проектировать яркие, четкие и контрастные изображения на экран площадью до 40 *м*². Э. позволяет также получать на большом экране цветные изображения.

Эквивалент антенны — цепь, составленная из активного сопротивления, индуктивности и емкости, *полное сопротивление* которой равно входному сопротивлению антенны. При различных измерениях Э. а. присоединяется взамен антенны или к *антенному фидеру*, или к входу приемника, или к выходу передатчика. Поскольку Э. а. имеет сопротивление, равное входному сопротивлению антенны, замена антенны эквивалентом не изменяет режима работы приборов, связанных с антенной.

Эквивалентная схема — некоторая цепь, в которой существуют такие же соотношения между токами и напряжениями, как и в реальной цепи, отображаемой данной Э. с. Поэтому расчеты реальной цепи можно заменить расчетами Э. с. Последняя выбирается так, чтобы эти расчеты были проще, чем для реальной цепи.



Например, каскад усиления с электронной лампой по схеме, изображенной на рис. *а*, для расчетов по переменному току может быть заменен Э. с. (см. рис. *б*). В ней лампа заменена эквивалентным генератором *Г*, имеющим э. д. с. μU_c (где μ — коэффициент усиления лампы, а U_c — подводимое к ее сетке переменное напряжение) и внутреннее сопротивление R_i, равное внутреннему сопротивлению лампы. Этот генератор работает на сопротивление анодной нагрузки Z_a (на Э. с. сопротивление R_i часто изображают вне генератора, как это сделано на рис. *б*).

Эквивалентная схема полупроводникового диода — эквивалентная схема, отражающая электрические свойства полупроводникового диода. В наиболее общем виде Э. с. п. д. (см. рис. *а*) состоит из нелинейного сопротивления $R_п$, соответствующего сопротивлению выпрямляющего контакта или *p—n* перехода, емкости $C_п$, свойственной этому контакту, сопротивления $r_в$ объема полупроводника, включенного последовательно с выпрямляющим контактом, индуктивности $L_в$ выводов диода и емкости $C_м$ между выводами. При не очень

высоких рабочих частотах роль индуктивности $L_в$ и емкости $C_м$ несущественна, и Э. с. п. д. упрощается так, как это показано на рис. *б*. В то время, когда диод находится под обратным напряжением, сопротивление $R_п$ контакта велико ($R_п \gg r_в$), и можно еще более упростить Э. с. п. д. (см.

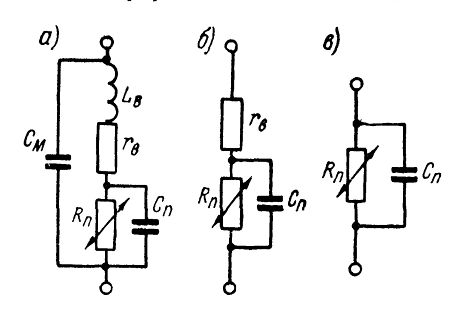
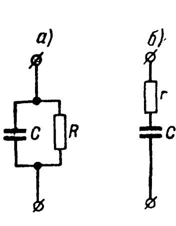


рис. *в*). При прохождении через диод значительного прямого тока, наоборот, $R_п$ становится малым и можно пренебречь наличием емкости $C_п$. Пользуясь подходящей Э. с. п. д., можно рассчитывать зависимость характеристик диода от частоты и различные устройства, в которых используются диоды (детектор, ограничитель и др.).

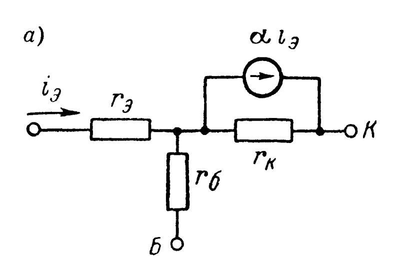
Эквивалентное активное сопротивление — активное сопротивление той *эквивалентной схемы*, которая отображает данную реальную цепь. Например, для конденсатора с емкостью *C*, имеющего *утечки* в диэлектрике, эквивалентную схему обычно изображают в виде емкости *C*, параллельно которой включено сопротивление *R* (см. рис. *а*), равное сопротивлению утечки в диэлектрике. Если в диэлектрике существуют *диэлектрические потери*, то эквивалентную схему изображают в виде емкости



C, включенной последовательно с сопротивлением *r* (см. рис. *б*), потери в котором равны потерям в диэлектрике. Можно одну из этих эквивалентных схем заменить другой, пересчитав соответственно значения *r* по данному *R* или наоборот (при этом соотношение между *r* и *R* зависит от частоты). Для конденсатора, обладающего и утечками и потерями в диэлектрике, эквивалентной схемой может служить любая из приведенных двух, но сопротивления *R* или *r* в каждом случае должны быть выбраны так, чтобы потери в нем были равны всем потерям в конденсаторе. Сопротивления *R* и *r* называются соответственно параллельным и последовательным Э. а. с. конденсатора. Подобным же образом определяется Э. а. с. для катушки с потерями, для двух связанных контуров с потерями и т. д.

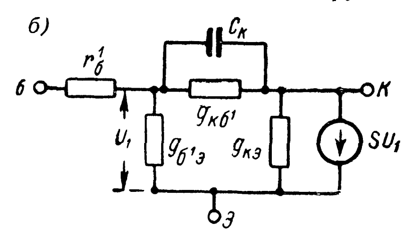
Эквивалентные схемы транзисторов — эквивалентные схемы, отражающие электрические свойства транзисторов. В основном Э. с. т. служат для представления свойств транзистора в отношении малых сигналов (см. *Малосигнальные параметры*), причем расчет усилительного каскада с транзистором можно производить с помощью законов Ома и Кирхгофа, для чего транзистор в принципиальной схеме каскада заменяют подходящей Э. с. т. Существует большое количество Э. с. т., более или менее точно описывающих свойства различных типов транзисторов в тех или иных условиях работы. Различают низкочастотные Э. с. т., отражающие свойства транзистора в цепях сигналов низкой частоты, и высокочастотные, которые отражают также изменение характеристик транзистора с повышением частоты сигнала. Э. с. т. делят также на две группы, исходя из того, каким образом эти схемы получены: формальные схемы замещения, составленные без учета физических принципов действия

транзисторов, и моделирующие Э. с. т., элементы которых отражают определенные явления, происходящие в транзисторе. Наконец, по внешнему виду Э. с. т. делят на Т-образные, П-образные и смешанные.



Наиболее распространенной и простой является Т-образная низкочастотная Э. с. т. (см. рис. *а*). Три сопротивления этой схемы в соответствии с выводами, к которым они присоединены, называются сопротивлением эмиттера ($r_э$), сопротивлением базы ($r_б$) и сопротивлением коллектора ($r_к$). Генератор тока $\alpha i_э$ присоединенный параллельно сопротивлению $r_к$, имитирует усилительные свойства транзистора. Если значения элементов $r_э$, $r_б$, $r_к$ и α Э. с. т. определены путем соответствующих измерений транзистора, то эта схема является формальной и не следует, например, сопротивление $r_э$ считать сопротивлением эмиттерного перехода транзистора. С другой стороны, приписав заранее элементам $r_э$ и $r_к$ смысл *дифференциальных сопротивлений* эмиттерного и коллекторного переходов, считая $r_б$ объемным сопротивлением базовой области (см. *Сопротивление базы*), а α — коэффициентом усиления по току в схеме с общей базой, можно эту же схему рассматривать как моделирующую, причем, однако, теоретические значения величин $r_э$, $r_б$, $r_к$ и α могут отличаться от измеряемых на опыте.

На рис. *б* приведена одна из распространенных высокочастотных Э. с. т. (смешанная П-образная). В ней наряду с сопротивлениями появляются емкости, моделирующие свойственные транзистору частотные зависимости электрических параметров.



Эквипотенциальная поверхность — поверхность, все точки которой имеют равный потенциал (см. *Разность потенциалов*). Например, потенциал электрического поля, создаваемого точечным электрическим зарядом, имеет одинаковую величину во всех точках, лежащих на сфере, центр которой совпадает с зарядом. Поэтому любая из таких сфер является Э. п. В заряженном проводнике неподвижные заряды всегда располагаются на поверхности проводника так, чтобы все точки проводника имели одинаковый потенциал, так как иначе заряды двигались бы по проводнику от точек с более высоким потенциалом к точкам с более низким потенциалом (имеется в виду движение положительных зарядов). Поэтому поверхность всякого заряженного проводника, если заряды в нем неподвижны, является Э. п.

Эквипотенциальный катод — то же самое, что *подогревный катод*. Название Э. к. связано с тем, что все точки поверхности подогревного катода находятся под одинаковым потенциалом, так как по катоду не протекает ток накала (он нагревается специальным подогревателем). Катод прямого накала (нить) непосредственно накаливается током, и этот ток создает вдоль нити падение напряжения, вслед-

ствие чего катод прямого накала не является эквипотенциальным. Если нить накала питается переменным током, то распределение напряжения вдоль нити все время изменяется. Это вызывает изменение электрического напряжения между сеткой и разными точками нити, а вместе с тем и изменения анодного тока, вызывающие более или менее сильный фон переменного тока. В отличие от ламп прямого накала лампа с Э. к. такого фона не создает.

Эквифазная поверхность — поверхность, на которой все точки волны находятся в одинаковой фазе (подробнее см. *Фронт волны*).

Экран электронно-лучевой трубки — тонкий слой вещества (*люминофора*), покрывающий дно оболочки осциллографических трубок и *кинескопов*. Э. э. т. светится под действием электронной бомбардировки. Цвет свечения зависит от состава люминофора. Обычно для осциллографических трубок предпочтителен синий цвет для фотографирования и зеленый при визуальном наблюдении; для кинескопов цвет должен быть белым или голубоватым. В *цветных приемных трубках* используются люминофоры, светящиеся *основными цветами* — красным, зеленым и синим. Э. э. т. обладают различным *послесвечением*. В кинескопах послесвечение не должно превышать времени передачи одного кадра ($^1/_{25}$ *сек*), экраны *просвечивающих трубок* должны обладать минимальным послесвечением (10^{-6} *сек*), а индикаторных радиолокационных трубок — большим послесвечением (несколько десятков секунд).

Экранирование электромагнитных полей — защита какой-либо области пространства от проникновения в нее *электромагнитного поля*. Для этой цели область ограничивается стенками из хорошо проводящего металла, например меди, алюминия. Экранирующее действие таких стенок обусловлено тем, что внешнее электромагнитное поле вызывает в них переменные токи, создающие вторичное электромагнитное поле, по амплитуде почти равное, а по фазе почти противоположное внешнему полю. Поэтому результирующее электромагнитное поле проникает в стенки на очень малую глубину — тем меньшую, чем выше частота поля и чем больше проводимость металлических стенок (явление, по своей природе родственное *поверхностному эффекту*). При достаточной толщине стенок (большей, чем глубина проникновения поля) электромагнитное поле практически не проникает сквозь стенки, ограничивающие объем, и внутри этого объема внешнее электромагнитное поле отсутствует. Таким образом, хорошо проводящие стенки служат экранами для высокочастотных магнитных полей. На низких частотах хорошо проводящие стенки являются экранами только для электрических полей, т. е. представляют собой электростатические экраны. Для экранирования магнитных полей применяют экраны из ферромагнитных материалов.

Экранированная лампа — см. *Тетрод.*

Экранная сетка — см. *Тетрод.*

Экситрон — см. *Ртутный выпрямитель.*

Экспандер — см. *Усилитель-расширитель.*

Экстремальная регулируемая система — одна из разновидностей оптимальных самонастраивающихся регулируемых систем с самоизменяющейся в процессе работы настройкой. Режимы работы Э. р. с. выбираются так, что регулируемые параметры поддерживаются на экстремальном (минимальном или максимальном) уровне при непрерывном изменении различных возмущающих воздействий. Экстремальное регулирование применимо к объектам, которые имеют экстремальные характеристики, связывающие входные сигналы с регули-

руемыми параметрами. В простейшем случае такая система должна содержать устройство, автоматически отыскивающее экстремум характеристики. Обычно для этого используется обращение в нуль первой производной в точке, где имеет место экстремум. Основным процессом в Э. р. с. является процесс автоматического поиска, отличающийся тем, что, кроме основных, рабочих движений системы, совершаются так называемые «пробные» движения. Цель «пробных» движений состоит в том, чтобы по их результатам найти дальнейшее направление основного движения.

системы, у которых «пробные» и рабочие движения объединены и различие между ними отсутствует.

«Пробные» движения могут производиться непрерывно или периодически (эпизодически).

Наиболее простыми являются Э. р. с. первого типа. В них процесс разделяется на ряд последовательных этапов. В течение первой части каждого этапа («пробное» движение) производится определение крутизны характеристики (или только ее знака) путем изменения приращений значений выходной величины объекта при соответствующих изменениях настроек.

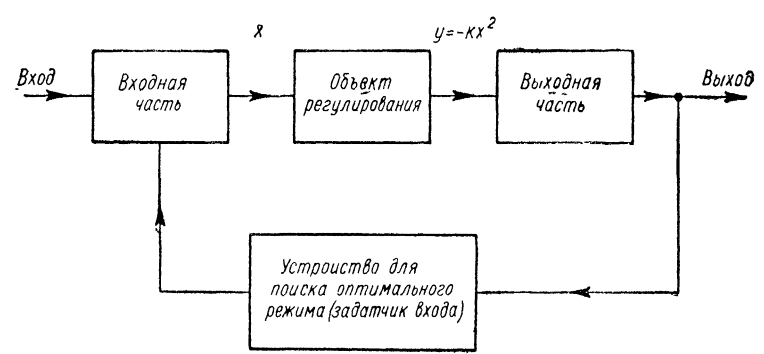


Схема простейшей Э. р. с. приведена на рис. Объект регулирования обладает нелинейной экстремальной характеристикой. Основным элементом системы служит задатчик входа, посредством которого разыскивается точка экстремума. Выходная и входная части Э. р. с. выполняют вспомогательные функции по преобразованию входной и выходной величин в форму, удобную для управления поиском. Э. р. с. делятся в зависимости от последовательности рабочих и «пробных» движений на системы, у которых попеременно происходят «пробные» или рабочие движения; системы, у которых «пробное» движение производится одновременно с рабочим и накладывается на него;

Во второй части каждого этапа производится изменение настройки на величину, зависящую от найденного значения крутизны (рабочее движение). В Э. р. с. второго типа должно существовать качественное различие между рабочими и «пробными» движениями. Для этого указанные операции разделены по полосе частот. «Пробные» движения реализуются при помощи, например, генератора «пробных» воздействий, который вызывает периодические колебания выходного параметра. Последние используются для рабочих движений механизма настройки, которые, чтобы не искажать результатов «пробных» движений, производятся с более низкими частотами. В си-

стемах третьего типа установившийся режим работы является автоколебательным относительно точки экстремума. Такие системы должны содержать специальные устройства, включающие в себя датчик показателя экстремума и нелинейный блок с неоднозначной характеристикой, фиксирующий правильность прохождения экстремума или отклонения от него.

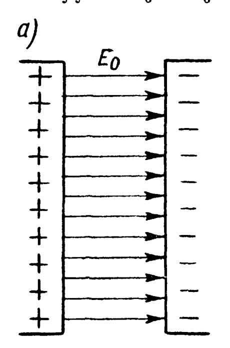
Электрическая индукция (электрическое смещение) — вектор, характеризующий наряду с *напряженностью электрического поля* E картину электрического поля в присутствии диэлектрика. Вектор Э. и. D в системе СГСЭ связан с напряженностью электрического поля E в диэлектрике следующим соотношением:

$$D = \varepsilon E, \qquad (1)$$

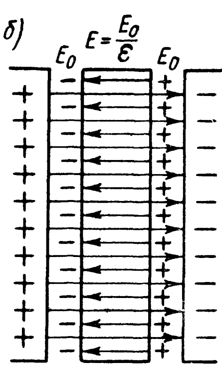
где ε — *диэлектрическая проницаемость* диэлектрика. В системе СИ

$$D = \varepsilon\varepsilon_0 E,$$

где ε_0 — диэлектрическая проницаемость вакуума, а ε — относительная диэлектрическая проницаемость среды. Таким образом, Э. и. в вакууме $D_0 = \varepsilon_0 E$.



Чтобы определить Э. и. в однородном электрическом поле, будем считать, что такое поле напряженностью E_0 (см. рис. *а*) создано электрическими зарядами, распределенными на обкладках *плоского конденсатора*, которые, после того как он заряжен, отсоединены от источника э. д. с. Если ввести в электрическое поле конденсатора напряженностью E_0 пластину из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ε (см. рис. *б*), то



в диэлектрике возникнет *диэлектрическая поляризация*, а на поверхности его — разноименные поляризационные заряды, знаки которых противоположны знакам зарядов на ближних обкладках конденсатора. Поляризационные заряды создают в диэлектрике добавочное электрическое поле E', направленное навстречу внешнему полю E_0, вследствие чего напряженность результирующего поля в диэлектрике E уменьшается. (Для наглядности линии электрического поля поляризационных зарядов на рис. *б* начерчены гуще, чем нужно было бы по сравнению с линиями поля E_0.) В плоском конденсаторе, не содержащем диэлектрика, напряженность электрического поля (в системе СГСЭ)

$$E_0 = 4\pi\sigma_0, \qquad (2)$$

где σ_0 — поверхностная плотность зарядов на обкладках конденсатора. Аналогично напряженность электрического поля поляризационных зарядов

$$E' = 4\pi\sigma', \qquad (3)$$

где σ' — поверхностная плотность поляризационных зарядов (расположенных на поверхности диэлектрической пластины). Результирующее поле внутри диэлектрической пластины

$$E = E_0 - E' = 4\pi\cdot(\sigma_0 - \sigma'). \quad (4)$$

Вне диэлектрика поляризационные заряды не создают электрического поля (так же как заряды на обкладках плоского конденсатора не создают электрического поля вне конденсатора). Следовательно, напряженность поля в части конденсатора, не заполненной диэлектриком, по-прежнему будет равна E_0, поскольку обкладки конденсатора ни с чем не соединены, и поэтому заряды на них не могут измениться при введении в конденсатор диэлектрической пластины. Но напряженность поля внутри диэлектрической пластины, как видно из (4), оказывается меньше $4\pi\sigma_0$, т. е. уменьшается по сравнению с полем E_0. Определив соотношение между σ_0 и σ', из расчета картины поляризации диэлектрика можно было бы убедиться, что поле E внутри диэлектрической пластины в ε раз слабее поля E_0, т. е. напряженность электрического поля в диэлектрике $E = E_0/\varepsilon$. А так как Э. и. $D = \varepsilon E$, то в диэлектрике $D = E_0$. Вне диэлектрика $\varepsilon = 1$, а напряженность поля E_0, и поэтому также $D = E_0$. Таково же было значение Э. и. внутри конденсатора и до того, как в него был введен диэлектрик. Следовательно, пластина из диэлектрика при введении в конденсатор изменила напряженность электрического поля только в той части пространства, которую пластина заполнила, но нигде не изменила Э. и. Подобный результат получается в случаях, когда введение диэлектрика не вызывает изменения величины и положения зарядов, создавших электрическое поле. Если же это условие не выполняется, то введение диэлектрика изменяет Э. и. Соблюдение этого условия необходимо потому, что во всех случаях, так же как в рассмотренном, напряженность электрического поля определяется как зарядами, расположенными на проводниках («свободными зарядами»), так и поляризационными зарядами, а Э. и. определяется только «свободными зарядами». Поэтому поляризационные заряды и не изменяют Э. и., пока введение диэлектрика не изменяет положения свободных зарядов. В рассмотренном конкретном случае введение диэлектрической пластины не изменило расположения свободных зарядов потому, что оно не нарушило равномерности распределения зарядов на обкладках конденсатора. Если бы внутрь конденсатора была введена пластина меньшего размера, чем обкладки конденсатора, или пластина была установлена не параллельно обкладкам, то равномерность распределения зарядов на обкладках была бы нарушена и, значит, поле этих «свободных зарядов» как то изменилось бы.

Введение еще одной характеристики электрического поля — вектора Э. и. необходимо потому, что при наличии диэлектрика одной напряженности электрического поля недостаточно для полного определения характера последнего. В самом деле, электрическое поле в диэлектрике есть результат наложения полей свободных и поляризационных зарядов. Зная только напряженность результирующего поля, нельзя установить, в какой мере она обусловлена свободными, а в какой — поляризационными зарядами. Но поле Э. и. есть поле свободных зарядов, т. е. одно из двух составляющих полей. Поэтому, зная векторы E и D в каждой точке, можно определить оба составляющих поля, т. е. получить полную физическую картину электрического поля в диэлектрике. Необходимость применения двух векторов E и D для описания ха-

рактера электрического поля при наличии диэлектрика выступает особенно наглядно в случае анизотропного диэлектрика (см. *Анизотропная среда*), у которого в разных направлениях, например в направлениях осей x, y, z, значения диэлектрической проницаемости различны. Тогда составляющие по трем осям векторов E и D не пропорциональны друг другу, а значит, эти векторы не совпадают по направлению. Ясно, что в этом случае одним вектором нельзя полностью определить характер электрического поля.

Электрические колебания — повторяющиеся изменения тока, напряжения и заряда, происходящие в электрических цепях и сопровождающиеся соответствующими изменениями магнитных и электрических полей, создаваемых этими изменениями в окружающем пространстве. Наиболее распространенным примером Э. к. является переменный ток в электрической сети, создаваемый обычно электрическими машинами (генераторами) переменного тока. Для возбуждения Э. к. высокой частоты применяются генераторы других типов, среди которых наибольшую роль играют *ламповые генераторы* и генераторы на *полупроводниковых триодах.* Для возбуждения Э. к. самых высоких частот предназначены специальные типы ламповых генераторов (на *клистронах, магнетронах* и т. д.), а также *молекулярные генераторы.*

Э. к. принято делить на колебания низкой частоты (ниже 10 000 *гц*) и колебания высокой частоты или радиочастоты (выше 10 000 *гц*). Э. к. с частотами выше 10 000 *гц* используются для возбуждения радиоволн (частоте 10 000 *гц* соответствует волна 30 000 *м*; более длинные волны применяются крайне редко). Колебания с частотой выше $30 \cdot 10^6$ *гц* называются колебаниями сверхвысокой частоты. (Дальнейшую классификацию см. *Колебания.*)

Электрические флуктуации — нерегулярные колебания тока и напряжения, обусловленные тем, что электрический ток представляет собой движение множества элементарных электрических зарядов, которые, помимо регулярного движения под действием сил электрического поля, совершают также хаотическое тепловое движение. Например, ток в металлическом проводнике (см. *Электронная проводимость*) образуется движущимися в нем электронами проводимости. Если напряженность электрического поля, вызывающего движение электронов проводимости, не изменяется со временем, то в среднем за равные большие промежутки времени через сечение проводника проходит одинаковое количество электронов. Но так как электроны совершают, помимо регулярного, и хаотическое тепловое движение, то за равные малые промежутки времени через сечение проводника проходит неодинаковое (то немного большее, то немного меньшее, чем должно проходить в среднем) число электронов проводимости. Это значит, что все время происходят небольшие по величине колебания тока около среднего значения. В случае, когда электрическое поле в проводнике отсутствует, а значит, отсутствует и ток, через сечение проводника в обе стороны пролетает в среднем одинаковое число хаотически движущихся электронов. Однако за малый промежуток времени в одном направлении может пролетать больше электронов, чем в другом, и, таким образом, и в отсутствие электрического поля в проводнике происходят небольшие по величине колебания тока около среднего значения, которое в этом случае равно нулю. Таким образом, в проводнике все время существуют нерегулярные электрические токи или Э. ф., интенсивность которых тем больше, чем выше температура проводника. Так как проводник обладает сопротив-

лением, то текущие в нем нерегулярные токи создают падение напряжения на проводнике, т. е. наряду с флуктуациями тока существуют и флуктуации напряжения на концах проводника. Эти флуктуации напряжения тем больше, чем выше сопротивление проводника и его температура.

Так как Э. ф. представляют собой хаотические колебания, то их *спектр* является сплошным и имеет одинаковую спектральную плотность в широком диапазоне частот. Спектральная плотность эта очень мала. Так, например, в сопротивлении 1 *ком* при комнатной температуре в полосе 1 *Мгц* мощность флуктуаций составляет около $2 \times \times 10^{-11}$ *вт*. Однако при больших усилениях, применяемых в современной аппаратуре, Э. ф. являются одной из причин возникновения *шумов приемника* и усилителя. Помимо рассмотренных Э. ф., причиной которых является тепловое движение в проводниках, Э. ф. происходят также в токе, создаваемом потоком свободных электронов. Например, в электронной лампе число электронов, испускаемых катодом за единицу времени, постоянно лишь в среднем, но за равные короткие промежутки оно может быть то больше, то меньше. Э. ф. в электронных лампах являются причиной *дробового эффекта* и также служат источником шумов в приемниках и усилителях.

Электрический заряд — избыток или недостаток содержащихся в теле элементарных частиц электричества одного знака по сравнению с числом содержащихся в том же теле элементарных частиц электричества другого знака, приводящий к нарушению электрической нейтральности тела. Всякое тело состоит из атомов, которые содержат положительные элементарные электрические частицы (протоны) и отрицательные элементарные частицы (электроны). Нормально каждый атом, а значит, и все тело в целом содержит одинаковое число протонов и электронов. Так как заряды их равны по величине и противоположны по знаку, они компенсируют друг друга, и тело в целом не обладает Э. з., т. е. электрически нейтрально. Если из тела удалена часть электронов, то число протонов превышает число электронов, и тело обладает положительным зарядом. Наоборот, если телу придано некоторое избыточное число электронов, то оно обладает отрицательным зарядом. В обоих случаях Э. з. обладает тело, состоящее из атомов, т. е. носителем Э. з. является вещество, из которого состоит тело. Однако Э. з. могут существовать и никак не будучи связаны с веществом: электроны в вакууме представляют собой отрицательный Э. з. в «чистом виде» (не связанный с веществом).

Э. з. взаимодействуют между собой; величина и направление сил взаимодействия между Э. з. определяется *законом Кулона*. Силы взаимодействия обусловлены *электрическим полем*, которое создает вокруг себя каждый Э. з. При взаимодействии двух Э. з. один из них образует электрическое поле, действующее с определенной силой на второй заряд. Точно так же второй заряд создает электрическое поле, действующее на первый заряд с такой же по величине силой. Направление этих сил зависит от направления электрического поля, созданного одним зарядом, и от знака второго заряда. Так как при изменении знака заряда, создающего электрическое поле, изменяется на обратное и направление этого поля, то в конечном счете одноименные заряды отталкиваются друг от друга, а разноименные притягиваются.

Так как согласно закону Кулона величина силы взаимодействия Э. з. зависит от количества электричества в каждом из взаимодействующих зарядов, то закон Кулона может служить для определения вели-

чины единицы количества электричества. Такой метод лежит в основе определения единицы количества электричества в абсолютной электростатической системе единиц (СГСЭ). В международной системе СИ единица количества электричества является не основной, а производной, определяемой как количество электричества, протекающее через сечение проводника за 1 *сек*, если по проводнику течет неизменяющийся ток силой 1 *а* (величина ампера определяется по силам взаимодействия токов).

В случае взаимодействия заряженных тел, размеры которых не малы по сравнению с расстоянием между ними, каждое тело может быть разбито на малые по сравнению с расстоянием между телами элементы объема, и Э. з. каждого такого элемента можно рассматривать как точечный. Величина этого Э. з. $\Delta q = \rho \Delta V$, где ρ — *плотность электрического заряда*, а ΔV — объем элемента. Если заряды распределены только в очень тонком поверхностном слое заряженного тела (как в случае статически заряженных проводников), то, разбивая поверхность тела на отдельные малые элементы, можно Э. з. каждого из них рассматривать как точечный. Величина Э. з. такого элемента $\Delta q = \sigma \Delta S$, где σ — *поверхностная плотность электрического заряда*, а ΔS — площадь элемента поверхности. Общая сила, действующая на одно заряженное тело со стороны другого, может быть вычислена как результирующая всех сил, действующих на точечные Э. з. элементов объема или поверхности первого тела со стороны точечных Э. з. элементов объема, или поверхности второго тела.

При взаимном перемещении Э. з. силы взаимодействия между ними могут совершать работу. В случае одноименных Э. з. силы взаимодействия совершают положительную работу, когда при перемещении Э. з. расстояние между ними увеличивается; если же при перемещении расстояние между Э. з. уменьшается, то силы взаимодействия совершают отрицательную работу, т. е. какие-либо внешние силы должны совершать работу против сил взаимодействия между зарядами. В случае разноименных Э. з. картина будет обратной. Но в обоих случаях внешние силы могут так переместить Э. з. (сблизить одноименные и удалить разноименные), что Э. з., двигаясь под действием сил взаимодействия между ними, могут совершить работу; это значит, что Э. з. обладают энергией (см. *Энергия электрических зарядов*).

Электрический разряд в газах — см. *Газовый разряд*.

Электрический ток — упорядоченное движение электрических зарядов. Э. т. в вакууме — это движение свободных электронов в направлении, противоположном условному направлению тока (последнее соответствует движению положительных зарядов). В металлических проводниках Э. т. представляет собой упорядоченное движение слабо связанных с *ионами* металла электронов (электронов проводимости или «свободных электронов») также в направлении, противоположном условному направлению тока. Э. т. в газах является сочетанием движения положительных ионов в одном направлении и электронов (иногда также отрицательных ионов) в другом направлении. Э. т. в электролитах представляет собой движение в противоположных направлениях, существующих в жидкости в результате диссоциации молекул положительных и отрицательных ионов. Таким образом, в то время, как в металлических проводниках в образовании Э. т. участвуют только электроны и Э. т. не связан с переносом вещества, в газах и особенно электролитах в образовании Э. т. участвуют ионы вещества, и поэтому

существование Э. т. связано с переносом вещества.

Плотность электрического тока зависит от количества участвующих в упорядоченном движении зарядов и их средней скорости. В металлических проводниках количество участвующих в упорядоченном движении зарядов (электронов) весьма велико — до 10^{23} в 1 *см*^{3} проводника, но зато средняя скорость их движения очень мала. При самых больших плотностях, которые может выдержать проводник, не плавясь, она не превышает нескольких сантиметров в секунду. Обычно в электролитах в образовании тока участвует меньшее количество зарядов, чем в металлических проводниках, но зато средние скорости их движения больше. А в случае *электрического разряда в газах*, вследствие их малой плотности и того, что обычно небольшая доля молекул газа ионизирована, количество движущихся электронов и ионов гораздо меньше, но средние скорости их движения гораздо больше, чем в металлических проводниках, и достигают тысяч километров в секунду.

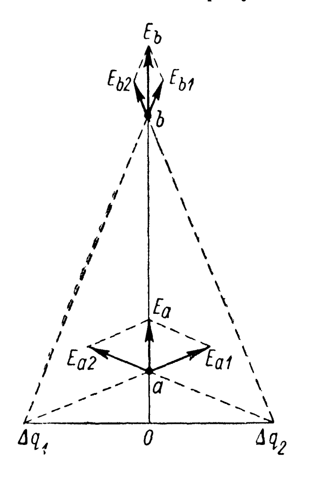
Электрическое поле — один из частных случаев *электромагнитного поля*, представляющего собой форму материи, передающую действия одних электрически заряженных тел на другие. Основным признаком Э. п. является то, что оно действует с механической силой на покоящиеся в этом поле электрические заряды. Если Э. п. создается электрическими зарядами, то оно обусловливает механические силы взаимодействия между зарядами. Величина и направление Э. п. в каждой точке пространства определяются *напряженностью электрического поля* в этой точке. Э. п. характеризуется расположением силовых линий: их направление всюду совпадает с направлением вектора напряженности Э п., а относительная густота их в любом месте пропорциональна величине напряженности Э. п. в этом месте.

Силовые линии Э. п., созданного покоящимися электрическими зарядами, начинаются на положительных зарядах и кончаются на отрицательных. Например, в случае точечного заряда (т. е. заряженного тела, размеры которого малы по сравнению с расстоянием, на котором рассматривается его поле) силовые линии Э. п. представляют собой прямые, расходящиеся из заряда равномерно во всех направлениях, если заряд положителен, или сходящиеся к нему, если он отрицателен. Через поверхность любой сферы (с центром в точке, где находится заряд) проходит одно и то же число силовых линий независимо от радиуса сферы R. Поэтому относительная густота силовых линий, т. е. отношение между числами силовых линий, проходящих через площадки в 1 *см*^{2}, перпендикулярные линиям, убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до заряда. Так же убывает и напряженность поля.

Если Э. п. создается несколькими зарядами, то их поля накладываются друг на друга, и результирующая напряженность поля равна геометрической сумме напряженностей полей отдельных зарядов. Поэтому, если Э. п. создается не точечным зарядом, а протяженным заряженным телом (как оно в действительности всегда бывает), то, разделив это тело на отдельные столь малые элементы, чтобы заряд каждого из них можно было рассматривать как точечный, общее Э. п. заряженного тела можно определять как результат наложения полей этих точечных зарядов. Точно так же, если Э. п. создается не одним, а несколькими заряженными телами, то общее поле представляет собой результат сложения полей, создаваемых отдельными телами.

В качестве примера Э. п. протяженного тела рассмотрим Э. п.

плоской пластины, по поверхности которой равномерно распределен *электрический заряд* с поверхностной плотностью σ. Особенностью этого Э. п является то, что напряженность его по мере удаления от пластины не уменьшается, пока расстояние до пластины мало по сравнению с ее размерами. Эту особенность легко объяснить, рассматривая Э. п. пластины как результат наложения полей точечных зарядов, расположенных на малых элементах поверхности пластины. Дело в том, что по мере удаления



от пластины ослабление напряженности поля точечных зарядов с расстоянием компенсируется ростом напряженности поля зарядов, расположенных на далеких частях пластины. В самом деле, точечные заряды Δq_1 и Δq_2 (см. рис. а) создают в точке a поля E_{a1} и E_{a2}, почти противоположные по направлению, и поэтому результирующее поле E_a зарядов Δq_1 и Δq_2 в точке a меньше, чем E_{a1} и E_{a2}. В точке же b направление полей зарядов Δq_1 и Δq_2 образует меньший угол, чем в a, и поэтому, хотя каждое из полей E_{b1} и E_{b2}, слабее, чем в a (вследствие увеличения расстояний), но результирующее поле E_b сильнее, чем E_{b1} и E_{b2}, и сильнее, чем E_a. Этот рост напряженности поля далеких зарядов как раз компенсирует ослабление поля точечных зарядов, лежащих вблизи точки O, происходящее при увеличении расстояния от пластины.

Таким образом, хотя поле каждого точечного заряда, расположенного на пластине, быстро убывает с расстоянием, результирующее поле этих зарядов не убывает с расстоянием, пока это расстояние мало по сравнению с размером пластины. Однако быстрое уменьшение угла между векторами E_{b1} и E_{b2} с увеличением расстояния от пластины до точки b происходит только, пока это расстояние мало по сравнению с расстояниями между Δq_1 и Δq_2. Поэтому описанный выше эффект компенсации перестает действовать, когда расстояние до пластины становится сравнимым с ее размерами, и дальше напряженность поля начинает убывать с расстоянием.

Когда под действием механических сил Э. п. свободный электрический заряд начинает перемещаться, то силы Э. п. совершают механическую работу. Наоборот, чтобы перемещать заряд против сил поля, работу должны совершить внешние силы. Это значит, что Э. п. обладает энергией (см. *Энергия электрического поля*).

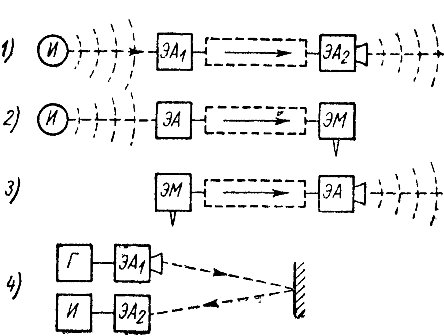
Э. п. может создаваться не только электрическими зарядами, но и возникать в результате *электромагнитной индукции*. Силовые линии этого Э. п. замкнуты и охватывают переменный поток *магнитной индукции*, являющийся причиной возникновения Э. п. Это поле, так же, как и Э. п. зарядов, действует с механической силой на электрические заряды и при их перемещении совершает механическую работу. Значит, Э. п., возникающее в результате электромагнитной индукции, также обладает энергией.

Э. п., возникающее в результате электромагнитной индукции, отли-

чается от Э. п. электрических зарядов иной структурой. У поля электрических зарядов силовые линии всегда начинаются и кончаются на зарядах, а силовые линии Э. п., обусловленного электромагнитной индукцией, не связаны с зарядами и замкнуты. Поэтому поле электрических зарядов — это всегда *потенциальное поле*, а Э. п., возбуждаемое электромагнитной индукцией, — это поле не потенциальное, а вихревое. Работа, совершаемая таким полем при продвижении электрических зарядов, может зависеть не только от положения начальной и конечной точек перемещения, но и от пути движения зарядов. Вследствие этого работа, совершаемая таким полем при продвижении зарядов по замкнутому пути, может быть отлична от нуля. Действительно, поскольку силовые линии такого вихревого Э. п. замкнуты, то при движении электрического заряда по силовой линии в направлении механической силы, действующей со стороны Э. п. на заряд, сила эта все время совершает положительную работу. Значит, величина этой работы по замкнутому пути, совпадающему с силовой линией, не равна нулю.

Электроакустика — один из основных разделов технической акустики, который изучает разнообразные преобразователи акустической или механической энергии в электрическую и обратно. Электроакустическая передача сигналов широко применяется в самых разнообразных областях техники. Основные примеры применения электроакустических (*ЭА*) и электромеханических (*ЭМ*) преобразователей показаны на рис.

1. Звуковые волны, распространяющиеся от источника *И*, воспринимаются $ЭА_1$ (например, *микрофоном*). Полученные электрические сигналы, после усиления, передаются по системе связи, а затем снова преобразуются $ЭА_2$ (например, *громкоговорителем*) в звуковые колебания. Этот метод применяется в телефонии, системах *звукоусиления*, радио и проводном *вещании*.



2. Отличается от предшествующего тем, что электрические сигналы поступают на *ЭМ* и могут быть зарегистрированы в виде механических колебаний. Этот метод используется при записи звука на граммофонные пластинки, при *акустических измерениях*, в системах сигнализации.

3. Механические колебания преобразуются *ЭМ* в электрические и после передачи на *ЭА* излучаются в окружающую среду в виде звуковых волн. Этот метод применяется при воспроизведении записи на граммофонных пластинках или в некоторых электромузыкальных инструментах.

4. Сигнал, создаваемый электрическим генератором *Г*, излучается $ЭА_1$ в виде звуковых волн. Отраженные волны воздействуют на $ЭА_2$ и регистрируются электрическим индикатором *И*. Этот метод применяется в эхолотах, позволяющих по времени прихода отраженных волн определить расстояние до отражающей поверхности.

Электроакустическая передача — см. *Электроакустика*.

Электроакустический громкоговоритель — см. *Конденсаторный преобразователь.*

Электроакустический преобразователь — см. *Электромеханический преобразователь.*

Электровакуумные приборы — электротехнические приборы, для работы которых необходим высокий вакуум или атмосфера того или иного газа (или смесь газов) при определенном давлении. Э. п. можно разделить на безразрядные приборы, приборы с чисто электронным разрядом, или *электронные приборы*, и приборы с газовым разрядом *(газоразрядные приборы)*. В безразрядных приборах ток протекает по твердым проводникам, требующим помещения их в вакуум или в разреженный газ; это — осветительные лампочки накаливания, *бареттеры*, вакуумные *термоэлементы* и ряд других.

Электрод — проводник, которым заканчивается какой-либо участок электрической цепи. Например, в электровакуумных и газоразрядных приборах Э. в виде пластинок, сеток, цилиндров и т. д. служат для создания внутри прибора электрических полей и для улавливания движущихся электронов и ионов. Э. называются также пластины, присоединенные проводами к источнику тока и погруженные в проводящую жидкость (электролит), например при электролизе, гальваностегии и т. п.

Электродвижущие силы (Э.д.с.)— силы различного происхождения, действующие на электрические заряды и обладающие той общей чертой, что работа, совершаемая ими при перемещении зарядов по замкнутому пути, не равна нулю. На электрические заряды могут действовать силы не только со стороны *электрических полей* других зарядов, но и электрических полей, возникающих в результате изменения *магнитного поля* (см. *Электромагнитная индукция*). Кроме того, на электрически заряженные тела могут действовать силы совсем иного, не электрического происхождения; например, на *ионы* жидкости могут действовать силы химического происхождения, вызывающие их движение. Все эти силы могут вызывать движение электрических зарядов, но действие этих сил принципиально отличается от действия сил электрического поля зарядов, поскольку работа этих последних сил по замкнутому пути всегда равна нулю (поле неподвижных электрических зарядов есть потенциальное электрическое поле). По признаку равенства или неравенства нулю работы сил по замкнутому пути все силы, вызывающие движение электрических зарядов, можно разделить на два класса: силы, действующие со стороны электрических полей других зарядов, или кулоновы силы, и все остальные силы, называемые сторонними Э. д. с. или Э. д. с. Таким образом, причиной движения электрических зарядов могут быть либо кулоновы силы, либо Э. д. с.

Количественно Э. д. с., действующая на каком-либо участке цепи, характеризуется (как и *разность потенциалов*) той работой, которую совершает эта сила при перемещении электрического заряда, равного единице, по данному участку цепи. Поэтому Э. д. с. измеряется в тех же единицах, что и разность потенциалов. Однако, в отличие от разности потенциалов, работа Э. д. с. зависит от пути, по которому перемещаются заряды, и по замкнутому пути она может быть отлична от нуля. Благодаря этому работа Э. д. с. может поддерживать замкнутые электрические токи; все так называемые «источники тока» являются, по существу, источниками Э. д. с.

Роль Э. д. с. может быть выяснена на простейшем примере гальванического элемента, замкнутого на внешнюю цепь с некоторым сопротивлением. Действующая внутри элемента Э. д. с. (возникающая

в результате химических реакций) заставляет положительные заряды двигаться к положительному полюсу элемента, а отрицательные — к отрицательному полюсу. Пока элемент не замкнут на внешнюю цепь, эти заряды накапливаются на полюсах и создают электрическое поле, направленное внутри элемента от положительного к отрицательному полюсу. Силы этого поля препятствуют дальнейшему движению положительных зарядов к положительному полюсу, а отрицательных — к отрицательному полюсу. Но пока Э. д. с. превосходит разность потенциалов, создаваемую зарядами, находящимися на полюсах элемента, заряды продолжают двигаться против сил поля и накапливаться на полюсах.

Когда разность потенциалов, созданная зарядами, накопившимися на полюсах, уравновесит действующую в элементе Э. д. с., т. е. когда разность потенциалов между полюсами станет равной Э. д. с. элемента, дальнейшее движение зарядов прекратится. Значит, между полюсами разомкнутого элемента устанавливается разность потенциалов, равная его Э. д. с. Когда же к полюсам присоединена внешняя цепь, заряды, скопившиеся на них, создают электрическое поле в присоединенной к ним внешней цепи, и это поле вызывает движение зарядов во всей внешней цепи, т. е. электрический ток. Если бы в элементе не действовала Э. д. с., то разноименные заряды, скопившиеся на полюсах, быстро двигаясь по проводам цепи, скомпенсировались бы, электрическое поле в цепи исчезло бы (т. е при Э. д. с. элемента, равной нулю, разность потенциалов между его полюсами была бы равна нулю) и вместе с тем прекратился бы электрический ток в ней. Но под действием Э. д. с. элемента вместо ушедших с полюсов во внешнюю цепь зарядов к ним движутся все новые и новые заряды, т. е. Э. д. с. поддерживает разность потенциалов на полюсах элемента, а значит, и ток в цепи.

Если бы элемент не обладал внутренним сопротивлением, то работа Э. д. с. целиком шла бы на поддержание движения зарядов внутри элемента, т. е. на преодоление разности потенциалов, против которой должны двигаться эти заряды (положительные заряды должны двигаться к положительному полюсу, т. е. против сил электрического поля, создаваемого зарядами на полюсах). При этом Э. д. с. поддерживала бы на полюсах разность потенциалов, равную Э. д. с. Но так как всякий гальванический элемент (и вообще всякий источник Э. д. с.) обладает внутренним сопротивлением, то при протекании по нему тока внутри источника возникает некоторое падение напряжения и часть Э. д. с. идет на преодоление этого падения напряжения, т. е. на продвижение зарядов по проводнику, обладающему сопротивлением электрическому току. Поэтому разность потенциалов на полюсах элемента будет меньше Э. д. с. на величину, равную отнесенной к единице заряда работе, затраченной на преодоление внутреннего сопротивления, т. е. на величину внутреннего падения напряжения. Таким образом, роль Э. д. с. сводится к тому, чтобы продвигать заряды внутри источника от отрицательного полюса к положительному, для чего Э. д. с. должна преодолевать, во-первых, силы электрического поля, которые создаются зарядами, накапливающимися на полюсах источника, и, во-вторых, падение напряжения внутри элемента.

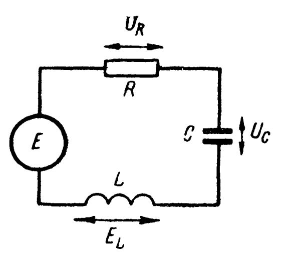
Количественные соотношения между Э. д. с. и силой тока в цепи даются законом Ома. Так как электрическое поле зарядов есть потенциальное поле, то когда движущиеся в цепи заряды обходят всю замкнутую цепь, т. е. совершают замкнутый путь, работа сил этого поля (работа кулоновых сил) должна быть равна нулю. Возникновение

же Э. д. с. гальванического элемента обусловлено химическими реакциями, и работа Э. д. с. по замкнутому пути не равна нулю. Если бы это было не так, то Э. д. с. не могла бы поддерживать ток в замкнутой цепи. В самом деле, тогда работа всех электрических сил по замкнутому пути была бы равна нулю, а на продвижение зарядов по замкнутому пути должна затрачиваться работа.

Та часть Э. д. с., которая затрачивается на преодоление внутреннего сопротивления источника, превращается в тепло внутри самого источника. Та же часть работы Э. д. с., которая идет на преодоление сил поля, созданного накопившимися на полюсах источника зарядами, затрачивается на пополнение зарядов на полюсах элемента (взамен зарядов, ушедших во внешнюю цепь). В конечном счете она превращается в работу по продвижению зарядов во внешней цепи (во внешней цепи заряды движутся по направлению сил поля, создаваемого зарядами на полюсах элемента, а не против сил этого поля, как внутри источника), т. е. в конечном счете Э. д. с., действующая только внутри источника, совершает работу по продвижению зарядов как внутри источника, так и во внешней цепи.

К классу Э. д. с. принадлежат также и те силы, которые действуют на электрические заряды со стороны электрического поля, возникающего в результате изменений магнитного поля, т. е. в результате электромагнитной индукции. Так как силовые линии этого электрического поля замкнуты, то работа по замкнутому пути, совпадающему с замкнутой силовой линией, отлична от нуля. Поэтому силы, действующие со стороны переменных электрических полей, вызванных явлением самоиндукции, и относятся к классу Э. д. с.

Согласно второму закону Кирхгофа в любом замкнутом контуре сумма встретившихся на пути обхода этого контура падений напряжения равна сумме действующих в контуре Э. д. с. В цепях переменного тока помимо внешней переменной Э. д. с. (Э. д. с. источника) встречаются еще Э. д. с. самоиндукции (и взаимоиндукции), действующие в самой цепи. Например, для



цепи с последовательным соединением активного сопротивления R, емкости C, индуктивности L и источника переменной Э. д. с. E (см. рис.) имеем:

$$U_R + U_C = E + E_L,$$

где U_R — падение напряжения на сопротивлении R;
U_C — падение напряжения на конденсаторе C;
E_L — э. д. с. самоиндукции в катушке.

Чтобы из этого уравнения определить ток в контуре, нужно еще знать, как именно связаны с током напряжение на конденсаторе U_C и Э. д. с. самоиндукции E_L. В случае синусоидальной Э. д. с. E, значения U_C и E_L могут быть связаны со значением тока через *емкостное* и *индуктивное сопротивления*.

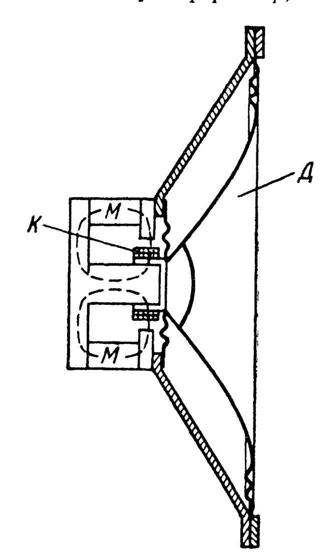
Второй закон Кирхгофа для переменных токов часто пишут несколько иначе:

$$U_R + U_C - E_L = E;$$

здесь величина ($-E_L$) стоит рядом с падениями напряжения и поэто-

му ее называют (не совсем правильно) падением напряжения на индуктивности. Но, строго говоря, падением напряжения следует называть только разность потенциалов между какими-либо точками потенциального электрического поля, например падение напряжения на конденсаторе, которое представляет собой разность потенциалов между обкладками заряженного конденсатора. Электрическое поле в первом случае возникает за счет Э. д. с. индукции, а значит, является непотенциальным. Во втором же случае электрическое поле создается зарядами на обкладках конденсатора и, следовательно, является потенциальным полем. Таким образом, по существу ($-E_L$) представляет собой не падение напряжения, а взятую с обратным знаком Э. д. с. самоиндукции. Но, конечно, если в уравнении, выражающем второй закон Кирхгофа, мы переносим Э. д. с. самоиндукции E_L в другую сторону уравнения (в которой стоят падения напряжения), изменяя при этом знак перед E_L на обратный, то уравнение остается справедливым, независимо от того, как мы назвали ($-E_L$).

Электродинамический громкоговоритель (динамик) — *громкоговоритель*, в котором колебания *диффузора Д* вызываются электродинамической силой взаимодействия между магнитным полем постоянного магнита *М* и током, протекающим по подвижной звуковой катушке *К*, жестко связанной с диффузором. Эта катушка питается от усилителя электрических сигналов *звуковой частоты*. Для согласования малого сопротивления звуковой катушки с большим выходным сопротивлением усилителя Э. г. включается через понижающий выходной трансформатор усилителя. При использовании в *абонентской установке системы проводного вещания* Э. г. подключается к абонентской проводке также через понижающий трансформатор, кото-



рый вместе с регулятором громкости устанавливается в корпусе абонентского громкоговорителя.

Электродинамический микрофон — *микрофон*, конструктивно оформляемый в виде катушечного (см. рис. *а*) или ленточного (см.

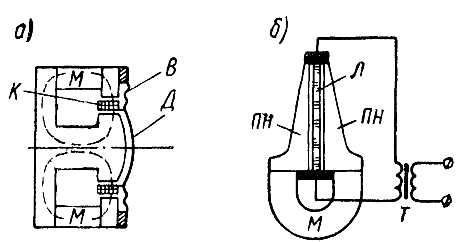


рис. *б*) приемника звуковых колебаний. Механическая колебательная система катушечного Э. м. содержит *диафрагму Д*, на поверхность которой воздействуют звуковые волны. Гибкий воротник *В* позволяет диафрагме перемещаться

вдоль оси. При этом витки звуковой катушки *К* пересекают линии магнитного поля, созданного постоянным магнитом *М*, и в витках индуцируется э. д. с. Катушка подключается на вход усилителя электрических сигналов через повышающий трансформатор, согласующий сопротивление звуковой катушки с входным сопротивлением усилителя. Ряд специальных деталей конструкции позволяет получить равномерную частотную характеристику в широком диапазоне частот и ту или иную *полярную характеристику* источников и приемников звука. В ленточном Э. м. звуковые колебания воспринимаются тонкой легко подвижной металлической ленточкой *Л*, помещенной между полюсными наконечниками *ПН* постоянного магнита *М*. Э. д. с. индуцируется непосредственно в ленточке. Включается также через повышающий трансформатор. По качественным показателям практически не отличается от катушечного Э. м., но весьма чувствителен к ветру и поэтому применяется лишь в закрытых помещениях.

Электроизмерительные приборы — приборы для измерения электрических величин: тока, напряжения, электрической мощности, сопротивления цепи, индуктивности, электрической емкости и др. Э. п., дающие численное значение измеряемой величины по отсчетному приспособлению, называют приборами непосредственной оценки (вольтметр, электрический счетчик и т. п.). Э. п., служащие для сравнения измеряемой величины с мерами, называют приборами сравнения (электрический *мост*). Приборами с непосредственным отсчетом называют Э. п., которые дают возможность произвести отсчет измеряемой величины без каких-либо дополнительных манипуляций, например приборы со стрелочным отсчетом (амперметры, вольтметры) или с отсчетом по счетному механизму (электрические счетчики). К Э. п. с непосредственным отсчетом следует отнести также и так называемые цифровые приборы, в которых результат измерения прочитывается на передней панели прибора в виде числа, образованного светящимися цифрами, представляющими собой неоновые газосветные трубки.

Кроме Э. п. с непосредственным отсчетом, имеются приборы с управляемым отсчетом и самопишущие. Первые из них после приведения их в действие требуют ряда манипуляций для получения результата измерения (например, мост), а вторые ведут запись показаний на бумаге, так что результат измерения получается в виде графика зависимости измеряемой величины от времени (например, самопишущий вольтметр). Э. п. могут быть также разделены по роду тока: Э. п. постоянного тока, Э. п. переменного тока, Э. п. постоянного и переменного тока. Существуют Э. п. следующих систем: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические и их разновидность — ферродинамические, индукционные, тепловые, термоэлектрические, детекторные (выпрямительные), электронные (ламповые), фотоэлектрические, электростатические и вибрационные.

Электролитическая проводимость — см. *Ионная проводимость*.

Электролитический выпрямитель — прибор, состоящий из электродов, погруженных в электролит, и пропускающий ток только в одном направлении. Действие Э. в. основано на том, что при прохождении тока на одном из электродов образуется твердая (или иногда газовая) пленка, препятствующая прохождению тока в одном из двух направлений.

Электролитический конденсатор — *конденсатор*, состоящий из разделенных слоем электролита металлических обкладок, на которых образуются очень тонкие диэлек-

трические планки, вследствие чего между пластинами и электролитом возникает большая емкость. В Э. к. обкладками обычно служат длинные полосы алюминиевой фольги; между ними прокладывается бумага, пропитанная электролитом. Положительные пластины покрываются тонкой пленкой окиси алюминия, которая служит диэлектриком, а отрицательные пластины, не покрытые пленкой, предназначены лишь для контакта с электролитом. Последний выполняет роль второй рабочей обкладки конденсатора. Ленты свертываются в плотный круглый рулон, помещаемый в алюминиевый (иногда картонный) корпус. Э. к. обладает емкостью только при определенной полярности приложенного напряжения, когда на одной из обкладок имеется оксидная пленка. При обратной полярности пленка разрушается. Поэтому Э. к. могут применяться только в цепях с постоянным или пульсирующим напряжением.

Главные достоинства Э. к. — малые габариты и вес при очень большой емкости. Высоковольтные Э. к. имеют рабочее напряжение 250—450 *в* и емкость до нескольких десятков микрофарад. Они применяются главным образом в *сглаживающих фильтрах* и в *развязывающих фильтрах* цепей анода и экранных сеток. Низковольтные Э. к. имеют рабочее напряжение 6—40 *в* и емкость до нескольких сотен и даже тысяч микрофарад. Их применяют в основном в сеточных цепях — в развязывающих фильтрах и для шунтирования сопротивлений *автоматического смещения*.

К недостаткам Э. к. следует отнести изменение емкости от времени и колебаний температуры, значительный *ток утечки*, вследствие низкого сопротивления оксидного слоя, и постепенное старение, проявляющееся в уменьшении емкости.

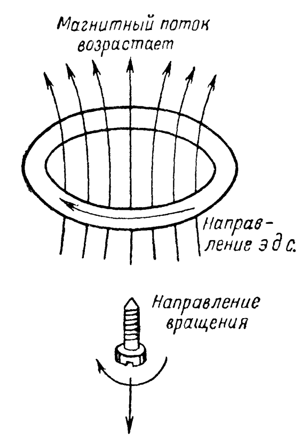
Электролюминесценция — свечение *люминофора* под влиянием переменного *электрического поля*. Поле образуется приложением к слою люминофора напряжения 100—200 *в*, изменяющегося с частотой 300—500 *гц*. При Э. электрическая энергия почти полностью превращается в световую. Для выхода светового потока один из электродов делается полупрозрачным. Э. широко применяется во всевозможных табло, знаковой индикации и т. п.

Электромагнитная индукция — возникновение вихревого электрического поля, вызываемое изменением *потока магнитной индукции*; при этом замкнутые силовые линии возникающего электрического поля охватывают изменяющийся поток магнитной индукции. Напряженность этого поля определяется величиной э. д. с. индукции, наводимой в контуре, совпадающем с замкнутой силовой линией. Величина данной э. д. с. индукции равна скорости изменения магнитного потока, т. е.

$$E_и = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t},$$

где $\Delta\Phi$ — изменение пронизывающего контур потока магнитной индукции за малый промежуток времени Δt. В частности, э. д. с. индукции возникает во всяком проводнике, образующем замкнутый контур, когда изменяется величина пронизывающего его магнитного потока. По принципу Ленца (см. *Ленца принцип*) индуцированная э. д. с. всегда направлена так, что вызванный ею ток своим магнитным полем препятствует тому изменению магнитного поля, которое является причиной возникновения этой э. д. с. Например, если в замкнутую накоротко катушку вдвигать полюс стержневого магнита, то в ней возникнет электрический ток, направленный так, что его магнитное поле будет препятствовать движению магнитного полюса внутрь катушки. Этому и соответствует знак минус в приведенном выраже-

нии. Так как направление магнитного поля тока, текущего через контур, определяется правилом винта, то направление э. д. с. индукции может быть определено по «обратному» правилу винта следующим образом (см. рис.). На-



правление э. д. с. в контуре совпадает с таким направлением вращения винта, при котором винт движется поступательно в направлении, противоположном направлению изменения магнитного потока. (Направление изменения магнитного потока совпадает с направлением самого потока, если поток возрастает, и противоположно магнитному потоку, если поток убывает).

Когда пронизывающее контур магнитное поле возбуждается в ферромагнитном теле, то э. д. с. индукции также равна скорости изменения потока магнитной индукции Φ. Но в ферромагнетике поток магнитной индукции в μ раз больше магнитного потока в вакууме; μ — относительная *магнитная проницаемость* ферромагнитного тела (относительно магнитной проницаемости вакуума μ_0). Вследствие этого и изменение потока магнитной индукции $\Delta\Phi$ при прочих равных условиях в ферромагнитном теле будет в μ раз больше. Поэтому при наличии ферромагнитного сердечника э. д. с. индукции в охватывающем сердечник контуре при той же скорости изменения магнитного потока оказывается в μ раз больше.

Явление Э. и. наблюдается при всяком изменении потока магнитной индукции независимо от того, какими причинами это изменение вызвано. Электродвижущая сила индукции возникает, например: при изменении силы тока в каком-либо контуре, вследствие чего изменяется создаваемый этим током магнитный поток, пронизывающий данный контур (см. *Самоиндукция*); при изменении тока, протекающего в соседнем контуре, вследствие чего изменяется создаваемый этим током магнитный поток, пронизывающий данный контур (см. *Взаимоиндукция*); при изменении потока магнитной индукции вследствие движения контура в магнитном поле какого-либо другого тока или постоянного магнита; при изменении магнитного потока, пронизывающего данный контур, вследствие движения каких-либо ферромагнитных тел в этом магнитном потоке. Во всех случаях, когда изменение потока магнитной индукции через какой-либо контур вызвано движением этого контура относительно других контуров с током или ферромагнитных тел (постоянных магнитов, электромагнитов), скорость этого изменения определяется скоростью движения данного контура относительно других указанных выше тел. Поэтому величина э. д. с. индукции в таких случаях оказывается пропорциональной этой относительной скорости.

Если контур, в котором возникает э. д. с. индукции, замкнут, то в нем появляется индуцированный ток, на поддержание которого (как и всякого тока в проводниках) должна затрачиваться работа, частично или полностью превращаю-

щаяся в джоулево тепло. С другой стороны, если перемещение контуров или ферромагнитных тел вызывает появление индуцированных токов, то на перемещение этих контуров или ферромагнитных тел должна затрачиваться механическая работа (необходимость затраты этой работы следует непосредственно из принципа Ленца). Наконец, при возникновении токов должна быть затрачена работа на их создание, так как токи обладают энергией (см. *Энергия электрического тока* и *Взаимная энергия электрических токов*). Эта работа превращается в *энергию магнитного поля*, возникающего вместе с электрическим током. Поэтому при рассмотрении Э. и. с энергетической точки зрения необходимо учитывать не только работу э. д. с., действующих в цепи, работу, расходуемую на джоулево тепло, и механическую работу, затрачиваемую на перемещение контуров с током или ферромагнитных тел, но и энергию магнитного поля тех токов, изменения которых связаны с Э. и.

Электромагнитная энергия — энергия, которой обладает *электромагнитное поле*. Она представляет собой сумму *энергии электрического поля* и *энергии магнитного поля*. Каждое из этих полей возбуждается изменениями другого поля, и они образуют единое электромагнитное поле. Изменениям электрического и магнитного полей сопутствует превращение электрической энергии в магнитную и магнитной в электрическую.

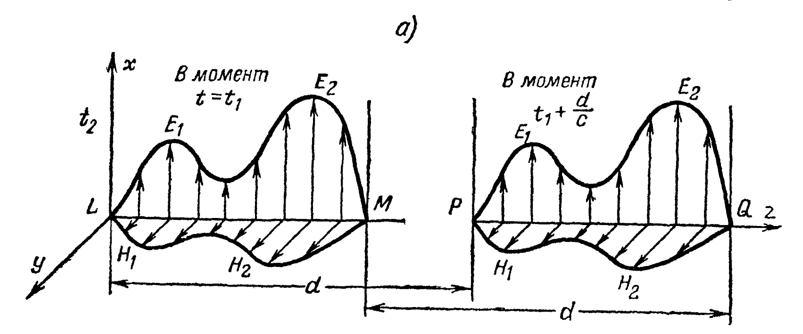
Электромагнитное излучение — см. *Излучение радиоволн*.

Электромагнитное поле — форма материи, передающая на расстояние с конечной скоростью силы, действующие со стороны одних электрических зарядов на другие. Э. п. представляет собой взаимосвязанные переменные *электрическое* и *магнитное поля*. Взаимная связь этих полей заключается в том, что всякое изменение магнитного поля вызывает появление вихревого электрического поля (см. *Электромагнитная индукция*), а всякое изменение электрического поля вызывает появление магнитного поля (см. *Ток смещения*). Указанная связь делает возможным существование Э. п. в отсутствие электрических зарядов и токов, а также распространение его в пространстве, не содержащем электрических зарядов, и в вакууме. Переменное электрическое поле возбуждает в смежных областях пространства переменное магнитное поле, которое, в свою очередь, возбуждает в прилегающих к ним областях пространства переменное электрическое поле, и т. д. Э. п. распространяется, таким образом, от точки к точке в пространстве в виде *электромагнитных волн*. Вместе с Э. п. распространяется связанная с ним энергия, представляющая собой сумму *энергии электрического поля* и *энергии магнитного поля*, из которых состоит данное Э. п.

Электромагнитные волны — *электромагнитное поле*, распространяющееся в пространстве с конечной скоростью (см. *Скорость распространения электромагнитных волн*). В свободном пространстве (вакууме) Э. в. распространяются без изменения взаимной ориентировки и соотношения векторов напряженностей электрического (E) и магнитного (H) полей. Векторы E и H всегда перпендикулярны друг другу и лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения Э. в. Иначе говоря, Э. в. в свободном пространстве всегда представляют собой *поперечные волны*. Направление распространения Э. в. определяется направлением вектора Умова — Пойнтинга (см. *Умова — Пойнтинга вектор*), т. е. зависит от того, в какую сторону от вектора E повернут на 90° вектор H. Э. в., распространяясь в пространстве, переносят с собой ту энергию,

которая заключена в электрическом и магнитном полях Э. в.

Величины E и H изменяются во времени по одному и тому же закону, причем соотношения между их мгновенными значениями остаются постоянными. Рассмотрим Э. в., распространяющуюся в вакууме вдоль оси z (см. рис. a).

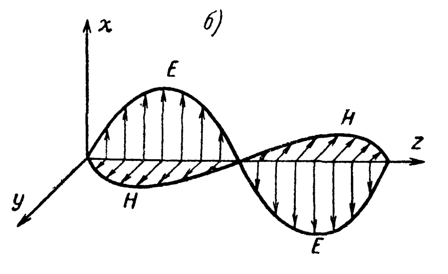


Положим, что в какой-то момент времени t_1 ее электрическое и магнитное поля в части пространства, заключенном между плоскостями, проходящими через точки L и M перпендикулярно оси z, имеют изображенную на рис. a конфигурацию (поле E направлено параллельно оси x, а поле H — параллельно оси y). Тогда в части пространства между плоскостями, проходящими через точки P и Q, лежащими на расстоянии d от точек L и M, электрическое и магнитное поля Э. в. будут иметь ту же конфигурацию в момент времени $t_2 = t_1 + d/c$, где c — скорость распространения Э. в. Для *плоской волны* величина вектора E (так же, как и вектора H) на любой плоскости, перпендикулярной оси z, одинакова. (Что касается соотношения величин векторов E и H между собой, то оно зависит от выбора системы единиц. В гауссовой системе E и H в вакууме равны по величине). При распространении такой волны не только конфигурация электрического и магнитного полей, но и абсолютные величины векторов E и H остаются неизменными, т. е. Э. в. распространяется в пространстве как одно целое, не претерпевая никаких изменений.

Распространение Э. в. можно представить себе как движение со скоростью c «замороженных» электрического и магнитного полей, а изменение этих полей во времени в каждой точке пространства — как результат того, что движущиеся поля имеют разную напряженность в разных точках волны. Иначе говоря, если в какой-либо фиксированной точке пространства мы будем регистрировать мгновенные значения величин E и H, то при надлежащем выборе масштаба кривая изменения величин E и H во времени будет совпадать с кривой их распределения в пространстве. В случае расходящейся Э. в. амплитуды E и H постепенно убывают, но, поскольку конфигурация полей остается неизменной, то и в этом случае можно (если не обращать внимания на уменьшение амплитуды E и H) считать, что Э. в. распространяется как одно целое.

Все сказанное справедливо и для распространения Э. в. в однородной среде, не обладающей *дисперсией*; но в этом случае соотношение между мгновенными значениями векторов E и H может быть иным, чем в вакууме, так как оно зависит от значений *диэлектрической* и *магнитной проницаемостей среды*. При наличии дисперсии конфигурация

электрического и магнитного полей Э. в., вообще говоря, не остается неизменной при их распространении; так как волна изменяет свою форму, то ее нельзя рассматривать как движение «замороженных» электрического и магнитного полей. Однако одна специальная форма Э. в., а именно *гармоническая волна*, в которой E и H вдоль оси z распределены по закону синуса или косинуса (см. рис. *б*), обладает тем



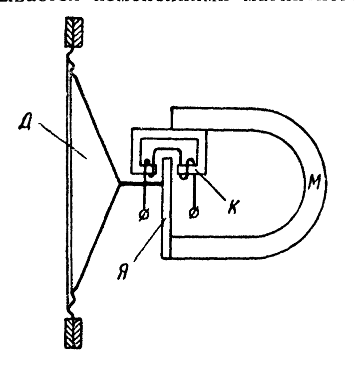
свойством (не присущим Э. в. другой формы), что она распространяется в среде с дисперсией, не изменяя своей формы, в виде «замороженных» полей.

Э. в., излучаемые антеннами радиопередатчиков, возбуждаются *модулированными колебаниями* и поэтому они уже не являются гармоническими Э. в. Распространение этих волн нельзя рассматривать как движение «замороженных» полей в тех случаях, когда среда *обладает большой дисперсией*. Такой средой является, например, ионосфера для радиоволн, частота которых близка к *критической частоте радиосвязи*. В этих условиях может происходить искажение формы модулированной волны, а значит, и искажение посылаемых сигналов. Понятно, почему дисперсия приводит к искажению любой негармонической Э. в., хотя и не приводит к искажению формы гармонической волны. Э. в. любой формы можно представить в виде *спектра* гармонических волн разной длины. При дисперсии волны разной частоты будут распространяться с разными скоростями и соотношение между фазами разных гармонических волн будет все время изменяться, вследствие чего будет изменяться форма результирующей негармонической Э. в.

Электромагнитные муфты — устройства для сцепления и передачи вращающих моментов с одного вала на другой, управляемые посредством электрических сигналов. Поэтому Э. м. можно рассматривать как преобразователи-усилители электрических сигналов в механические вращающие моменты. Э. м. с электрическим управлением разделяются на муфты трения — с механической связью, ферропорошковые — с электромагнитной связью и Э. м. скольжения. У первых управление осуществляется электромагнитом постоянного тока. У вторых есть постоянный зазор между рабочими поверхностями, заполненный ферромагнитным порошком, сухим или взвешенным в масле (или в ином изолирующем смазывающем веществе). Ферромагнитный порошок-наполнитель в магнитном поле должен быть вязким и пластичным. Под действием магнитного поля порошок создает связи между ведомым и ведущим элементами, обеспечивающие передачу мощности с одного вала на другой. Э. м. скольжения имеют специальный индуктор, расположенный на входном валу и управляемый постоянным током. Якорь связан непосредственно с выходным валом. Связь между входным и выходным валами осуществляется посредством сил взаимодействия вихревых токов якоря и вращающегося магнитного поля индуктора. Э. м. управляются специальными схемами управления, питаемыми от сети постоянного или переменного тока. Регулирование Э. м. сводится к поддержанию постоянной скорости вращения выходного вала при переменном нагрузочном моменте либо к изменению скорости при

постоянном моменте. Регулирование скорости вращения достигается периодическим замыканием и размыканием цепи обмотки управления. Э. м. находят применение в качестве исполнительных двигателей *следящих систем*. Они обладают достаточно большими коэффициентами усиления (до нескольких тысяч), очень малым временем переходных процессов, надежны и конструктивно просты.

Электромагнитный громкоговоритель — *громкоговоритель*, в котором колебание *диффузора Д*, жестко связанного с якорем *Я*, вызывается изменениями магнитного



потока в магнитной цепи, содержащей постоянный магнит *М*. Эти изменения, в свою очередь, вызваны током, протекающим по неподвижной звуковой катушке *К*, питаемой от усилителя электрических сигналов звуковой частоты. В настоящее время Э. г., ввиду плохих качественных показателей, применяются редко.

Электромашинные усилители (амплидин, метадин, магникон, магнавольт и т. д.) — электрические машины, используемые в качестве усилителей мощности. Обычно Э. у. — это генераторы постоянного тока; обмотки возбуждения у них являются управляющими обмотками, а обмотка якоря — выходной обмоткой, к которой присоединяются приемники. Большое усиление мощности у Э. у. достигается созданием в машине с одним якорем двухкаскадного усиления магнитного потока. Основной тип Э. у. — амплидин — в конструктивном отношении представляет собой генератор постоянного тока с расщепленными полюсами и дополнительными комплектами щеток на коллекторе.

Быстродействие Э. у. зависит в основном от электромагнитной инерции цепей управления. Постоянные времени Э. у. достигают сотых и десятых долей секунды. Магнитные цепи Э. у. выполняются ненасыщенными, так что при установившемся режиме создаваемое ими напряжение лежит на линейном участке характеристики холостого хода. Для использования в сложных системах автоматического управления Э. у. выполняются с несколькими обмотками возбуждения (управления). В настоящее время известно большое число различных конструктивных типов Э. у.

Электромегафон — портативная система звукоусиления, содержащая *микрофон*, *усилитель* в футляре и *рупорный громкоговоритель* с рукояткой, позволяющей держать Э. в руках. Микрофон можно укреплять на громкоговорителе или (при помощи удлинительного кабеля) относить на расстояние до 8 *м*, помещая громкоговоритель, например, на крыше автомашины.

Электрометрические лампы — *электронные лампы*, специально предназначенные для усиления и измерения очень малых постоянных напряжений. В соответствии с этим Э. л. должны удовлетворять некоторым специальным требованиям — давать большое усиление по постоянному напряжению, иметь высокую изоляцию управляющей сетки от других электродов и т. д.

Электромеханические аналогии — метод изучения колебательных процессов механических (твердых) и акустических (газообразных) колебательных систем, основанный на

сходстве математических выражений, описывающих колебательные процессы в этих системах и в электрических цепях. Э. а. позволяют, вместо механических или акустических систем, рассматривать так называемые эквивалентные электрические цепи, применяя результаты их анализа к механическим или акустическим системам. Это дает возможность инженерам-радистам разрабатывать электроакустическую аппаратуру, содержащую механические и акустические колебательные системы, а также облегчает инженерам-механикам и акустикам рассмотрение колебательных процессов, происходящих в электрических системах. Один из основных методов анализа электрических цепей, *антенн*, электромеханических и *электроакустических преобразователей*, механических и акустических колебательных систем, известный под названием *принципа взаимности*, применим ко всем перечисленным объектам изучения. Одним из основных исходных положений метода Э. а. является трактовка механического сопротивления (т. е. отношения приложенной силы к колебательной скорости точки приложения силы) как аналога электрического сопротивления (т. е. отношения приложенного напряжения к току, протекающему между точками приложения напряжения). Метод Э. а. широко применяется при изучении и разработке *громкоговорителей* и *микрофонов*.

Электромеханический преобразователь — устройство, предназначенное для преобразования электрических колебаний в механические или механических в электрические. Э. п. содержит электрическую цепь и механическую колебательную систему. Электрическая сторона Э. п. характеризуется током и напряжением, а механическая — силой и колебательной скоростью. Взаимозависимость между этими величинами определяется так называемым *принципом взаимности*. Электрический колебательный процесс, протекающий в электрической цепи Э. п., вызывает соответствующие механические колебания подвижной системы и наоборот. Э. п., которые могут быть использованы для передачи энергии как с электрической стороны на механическую, так и обратно, называются обратимыми. Такие преобразователи широко применяются в системах *вещания*, механической *звукозаписи* и многих других областях техники. Если механическая колебательная система Э. п. содержит *диффузор*, *диафрагму* или *мембрану* для излучения или приема *звуковых колебаний*, то преобразователь называется электроакустическим. К числу таких преобразователей относятся *громкоговорители* и *микрофоны*.

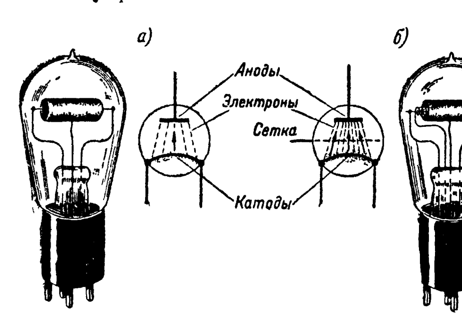
Электромузыкальный инструмент — музыкальный инструмент, в котором электрические колебания *звуковых частот* возбуждаются специальным генератором, усиливаются усилителем и излучаются *громкоговорителем*. В зависимости от способа возбуждения электрических колебаний различают одноголосые Э. и., способные одновременно издавать звук, соответствующий только одной музыкальной ноте, и многоголосые, способные одновременно издавать звуки, соответствующие разным нотам (аккорды). Примером многоголосого Э. и. является электропианино, имеющее клавиатуру и позволяющее исполнять любые музыкальные произведения, написанные для рояля. Характерной особенностью Э. и. является наличие переключателя *тембра*, позволяющего воспроизводить звуки совершенно различных тембров. Многие Э. и. имеют тембры, похожие на обычные музыкальные инструменты (как струнные, так и духовые), и ряд дополнительных своеобразных тембров, которыми не обладают обычные музыкальные инструменты.

Электрон-вольт (*эв*) — внесистемная единица измерения энергии, удобная для описания процессов с элементарными частицами. 1 *эв* — энергия, приобретаемая электроном при прохождении разности потенциалов в 1 *в* и равная $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ *дж*.

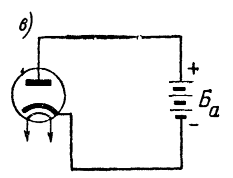
Электроника — область физики и техники, разрабатывающая теорию и практику изготовления и применения *электронных приборов* — *электронных ламп*, *электронно-лучевых трубок* и т. д.

Электронная вычислительная машина — *аналоговая* или *цифровая вычислительная машина*, построенная на элементах, содержащих *электронные лампы* или *полупроводниковые приборы*. К Э. в. м. относят также *цифровые вычислительные машины*, построенные полностью на магнитных элементах, *параметронах*, *криотронах*.

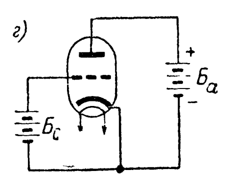
Электронная лампа — электровакуумный прибор, в котором создается поток электронов, движущихся в вакууме, и с помощью специальных электродов осуществляется управление этим потоком.



Всякая Э. л. имеет несколько электродов, заключенных в стеклянный металлический или керамический баллон с высоким вакуумом. Источником электронов в Э. л. является накаленный катод, испускающий в результате *термоэлектронной эмиссии* электроны. Простейшая двухэлектродная лампа (диод), помимо катода, содержит еще один электрод — анод, имеющий форму цилиндра (или какую-либо иную), и охватывающий катод (см. рис. *а*).



Между катодом и анодом включается источник постоянной э. д. с. (см. рис. *в*) плюсом к аноду и минусом к катоду (откуда эти



электроды и получили свое название), в результате чего на аноде и катоде появляются соответственно положительные и отрицательные заряды и между анодом и катодом возникает электрическое поле, направленное от анода к катоду. Под действием электрического поля вылетающие из катода электроны с ускорением движутся к аноду, достигают его и создают анодный ток, величина которого определяется числом электронов, достигших за 1 *сек* анода. При малом анодном напряжении лишь небольшая часть вылетевших из катода электронов притягивается электрическим полем анода и движется к аноду, а остальные электроны образуют вокруг катода *пространственный заряд*.

По мере возрастания анодного напряжения увеличивается число

электронов, захватываемых электрическим полем и достигающих анода. Вследствие этого анодный ток возрастает, а плотность пространственного заряда уменьшается. Когда напряжение на аноде возрастает настолько, что пространственный заряд полностью «рассасывается» и все электроны, эмиттируемые катодом, захватываются электрическим полем и достигают анода, дальнейший рост анодного тока замедляется (режим насыщения). Если бы эмиссия электронов из катода была постоянной, то в режиме насыщения анодный ток уже не мог бы возрастать. Но эмиссия катода при усилении действующего на него электрического поля несколько возрастает, так как это поле способствует выходу электронов из катода; помимо того, анодный ток, который течет не только между катодом и анодом, но и по самому катоду, дополнительно подогревает его. Вследствие этого с ростом анодного тока возрастает эмиссия электронов с катода, что особенно заметно у ламп с *активированными катодами*. В таких лампах в режиме насыщения ток продолжает медленно расти с ростом анодного напряжения.

Если к аноду диода подвести отрицательное напряжение, то силы, действующие на электроны со стороны электрического поля между анодом и катодом, будут направлены к катоду, электроны не будут достигать анода, и ток в лампе не возникнет; таким образом, диод обладает односторонней проводимостью. На этом основано применение диода в качестве *детектора* и выпрямителя (см. *Кенотрон*).

В трехэлектродной лампе (см. рис. *б*) между катодом и анодом помещается третий электрод — сетка в виде переплетения тонких проволочек или цилиндрической спирали, сквозь отверстия в которой могут пролетать электроны и частично проникает электрическое поле, создаваемое положительными электрическими зарядами, расположенными на аноде. Если между сеткой и катодом включить источник постоянной э. д. с., например батарею $Б_с$ (см. рис. *г*), то между ними возникнет электрическое поле. Так как через отверстия в сетке проникает часть поля анода, то у катода эти оба поля накладываются друг на друга. Число захваченных этим полем электронов, т. е. величина анодного тока, определяется действием результирующего поля. При увеличении положительного напряжения на сетке результирующее поле усиливается и вместе с тем возрастает анодный ток. Наоборот, при увеличении отрицательного напряжения на сетке результирующее поле становится слабее и анодный ток уменьшается. Таким образом, сетка может управлять анодным током. Поскольку она расположена ближе к катоду, чем анод, то данное приложенное напряжение между сеткой и катодом создает у катода бóльшую напряженность электрического поля, чем то же напряжение, приложенное между анодом и катодом. С другой стороны, электрическое поле сетки целиком достигает катода, а поле анода лишь частично проникает сквозь сетку к катоду. Оба эти фактора, действуя совместно, приводят к тому, что напряжение на сетке гораздо сильнее влияет на величину анодного тока, чем напряжение на аноде. Именно это свойство Э. л. позволяет применять ее в качестве *усилительной лампы* и для многих других целей.

Анодный ток поддерживается за счет э. д. с. источника анодного напряжения. Работа этой э. д. с. идет на ускорение электронов в пространстве катод — анод, т. е. превращается в кинетическую энергию электронов. Электроны, достигающие анода при ударе об анод, отдают ему свою кинетическую энергию, которая идет на нагревание анода. Кроме того, если внеш-

няя цепь между анодом и катодом обладает активным сопротивлением, то часть работы э. д. с. источника анодного напряжения идет на преодоление этого сопротивления и превращается в тепло, нагревающее внешнюю цепь. Э. д. с., создающая напряжение на сетке, не совершала бы никакой работы, если бы не возникал *ток сетки*. Принципиально это возможно, так как напряжение на сетке не обязательно должно совершать работу по ускорению электронов. Действительно, приближаясь от катода к положительно заряженной сетке, электроны ускоряются, но, пройдя сетку, начинают замедляться и достигают анода с той же скоростью, с какой они достигали бы его, если бы сетка не была заряжена (конечно, сказанное справедливо и для отрицательно заряженной сетки). Поэтому, если бы не возникали токи сетки, то напряжение, создаваемое источником э. д. с., включенным в цепь сетки, управляло бы анодным током, но э. д. с. не совершали бы работы. Управление анодным током могло бы происходить без затраты мощности.

Однако в цепи сетки по разным причинам возникают токи, и поэтому управление анодным током практически требует затраты мощности. Но эта мощность обычно много меньше той, которую источник анодного напряжения может отдать в цепь, включенную между анодом и катодом. Это второе свойство Э. л., которое делает возможным ее применение в качестве усилительной лампы.

Наконец, третье свойство Э. л., от которого существенно зависит область возможного ее использования, состоит в том, что благодаря большой подвижности электронов (см. *Инерция электронов*) управление анодным током можно осуществлять очень быстро, т. е. применять Э. л. для управления током электронов с достаточно высокими частотами.

Электронная оптика — область электроники, охватывающая методы и устройства фокусировки электронных пучков и *электронных изображений* с помощью *электростатических* и *магнитных линз*. Между Э. о. и геометрической световой оптикой существует глубокая аналогия.

Электронная проводимость — способность *проводников электричества* и *полупроводников* проводить электрический ток за счет движения в них электронов проводимости («свободных электронов»). Наиболее важный и обширный класс проводников, обладающих Э. п., — это металлы и металлические сплавы. Поэтому Э. п. иногда называют металлической проводимостью. В отсутствие внешнего электрического поля в проводнике электроны проводимости, слабо связанные с ионами металла, совершают хаотическое тепловое движение. Двигаясь во всевозможных направлениях, они сталкиваются с ионами проводника и теряют при этом свои скорости. Но в то же время другие электроны получают от ионов в среднем такие же скорости, и поэтому столкновения электронов с ионами не изменяют характера теплового движения электронов. Вследствие полной хаотичности этого движения через любое сечение проводника в обе стороны за одно и то же время проходит в среднем одинаковое количество электронов, т. е. электрический ток отсутствует. Средняя скорость теплового движения электронов равна нулю, поскольку в любых двух противоположных направлениях за данный промежуток времени проходит одинаковое число электронов с одинаковыми по величине, но противоположными по знаку скоростями. Интенсивность теплового движения электронов характеризуется средней квадратичной скоростью электронов, которая пропорциональна температуре проводника.

При наличии внешнего электрического поля все электроны проводимости совершают также регулярное движение в одном и том же направлении (противоположном направлению поля, так как заряд электронов отрицателен), которое накладывается на их хаотическое движение. Вследствие этого движение электронов оказывается не вполне хаотическим, а средняя скорость движения электронов не равной нулю. Сталкиваясь с ионами, электроны теряют свою скорость, и поэтому их регулярное движение после каждого столкновения начинается с нулевой начальной скорости. Регулярная скорость, которую приобретают электроны к концу движения между двумя последовательными соударениями, равна произведению ускорения электрона на промежуток времени между этими двумя соударениями, а средняя регулярная скорость вдвое меньше (так как регулярное движение начинается со скорости, равной нулю). Но даже при самых сильных электрических полях (самых сильных токах), которые могут выдержать проводники, средняя регулярная скорость электронов все же оказывается в тысячи раз меньше скоростей их теплового движения.

Таким образом, внешнее электрическое поле лишь очень незначительно упорядочивает движение электронов в проводнике — на их быстрое хаотическое движение накладывается гораздо более медленное регулярное движение в одном направлении. Это приводит к тому, что за данный промежуток времени через каждое сечение проводника в одном направлении в среднем проходит немного больше электронов, чем в другом. Для самых сильных токов, практически осуществимых в металлических проводниках, этот избыток числа электронов в одном направлении не может превысить, например, одной тысячной от общего числа электронов проводимости, проходящих через каждое сечение проводника в результате их хаотического движения (в обычных случаях избыток числа электронов еще в тысячи раз меньше). Но все же среднее количество электронов, проходящих через сечение проводника за какой-либо промежуток времени, не равно нулю, как при хаотическом движении, т. е. возникает электрический ток, направление которого зависит от направления внешнего электрического поля.

Плотность тока, возникшего в проводнике, пропорциональна средней скорости регулярного движения электронов и количеству их в единице объема. Средняя скорость регулярного движения $v_{\text{ср}} = v_{\text{макс}}/2$, где $v_{\text{макс}}$ — скорость регулярного движения, которой достигает электрон в конце движения между двумя соударениями; $v_{\text{макс}} = a\tau$, где a — ускорение электрона, а τ — время между двумя соударениями. Ускорение a пропорционально действующей на электроны силе, т. е. напряженности поля в проводнике. Но время τ не зависит от напряженности поля в проводнике: оно определяется средней длиной пути, который электрон проходит между двумя соударениями, и скоростью, с которой он движется на этом пути, вследствие того, что участвует в хаотическом движении (регулярная скорость электронов в проводнике, создаваемая существующим в нем электрическим полем, столь мала по сравнению с хаотической, что она никак не влияет на τ). Величина хаотической скорости зависит от температуры проводника. Если эта температура не изменяется, то средняя скорость регулярного движения электронов пропорциональна напряженности электрического поля. Если, к тому же, и число электронов проводимости в единице объема все время остается постоянным, то ток в проводнике пропорционален напряженности

поля, т. е. соблюдается закон Ома. Постоянство количества электронов проводимости в единице объема соблюдается в металлических проводниках, и поэтому для них всегда справедлив закон Ома. В тех проводниках, в которых количество свободных электронов или вообще количество носителей электричества зависит от напряженности электрического поля, закон Ома не соблюдается.

Для большинства металлических проводников характерно увеличение сопротивления с ростом температуры. Упрощенно это можно объяснить тем, что при повышении температуры увеличивается скорость хаотического движения электронов и уменьшается время τ между двумя соударениями, вследствие чего уменьшаются $v_{макс}$, а значит, и $v_{ср}$, т. е. при данной напряженности электрического поля уменьшается ток в проводнике. В действительности дело обстоит сложнее, так как существуют, например, металлы, для которых сопротивление уменьшается с ростом температуры, и металлические сплавы, для которых сопротивление не изменяется при изменении температуры.

Причина указанных, а также и других расхождений результатов приведенных выше расчетов с данными опыта состоит в том, что в этих расчетах исходят из очень упрощенных представлений о характере движения электронов проводимости в металле. В действительности движение электронов проводимости в металлах осложняется рядом обстоятельств, которые выше не были учтены (и не могут быть учтены в элементарной теории). Э. п. является единственным механизмом электропроводности в металлах — проводниках, а в полупроводниках проявляется наряду с другим типом электропроводности — *дырочной проводимостью.*

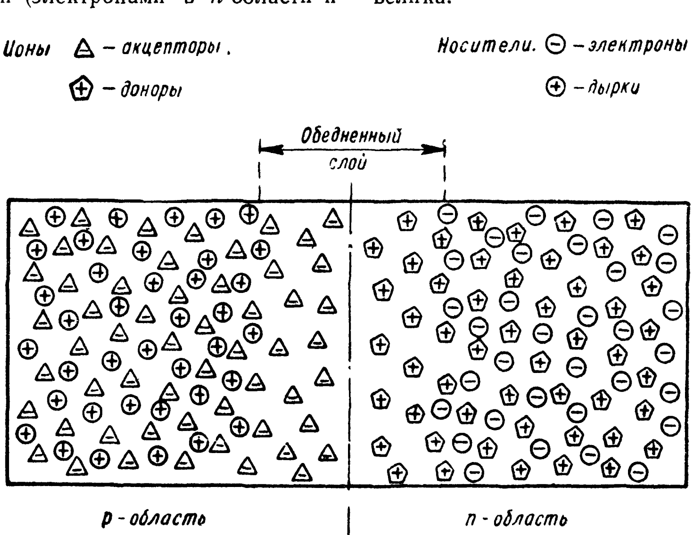
Электронная пушка — см. *Электронный прожектор*.

Электронная связь — связь между цепями различных электродов электронной лампы, обусловленная электронными токами внутри лампы. Изменение напряжения на одном из электродов лампы обычно влияет на токи в цепях других электродов. Следовательно, токи всех этих электродов оказываются связанными между собой. Э. с. применяется, например, в некоторых схемах ламповых генераторов на многоэлектродных лампах.

Электронная эмиссия — испускание электронов каким-либо телом. Электроны, заключенные в теле, обычно удерживаются силами, действующими со стороны тела, и поэтому не могут покинуть его поверхность. Однако при специальных условиях электроны могут преодолеть эти силы и уйти в окружающее пространство, т. е. может возникнуть Э. э. Например, при нагревании тел возникает *термоэлектронная эмиссия*; под действием падающего на поверхность тела света возникает *фотоэлектронная эмиссия*; под действием сильного внешнего электрического поля возникает *автоэлектронная эмиссия*. Явление Э. э. широко применяется для получения потока электронов в электровакуумных и ионных приборах.

Электронно-дырочный переход (p — n переход) — зона раздела областей полупроводника с разными механизмами проводимости (n-типа, или электронной проводимостью, с одной стороны, от Э. п. и p-типа, или дырочной проводимостью, — с другой). При образовании Э. п. (обычно он создается внутри монокристаллической пластинки полупроводника с помощью особых технологических приемов; см., например, *Сплавные транзисторы*) часть электронов из области n-типа, где их концентрация выше, пересекает границу раздела и, попадая в область p-типа, рекомбинирует с соответствующим количеством дырок. В результате

на границе раздела областей появляется слой, обедненный носителями электричества и обладающий объемными электрическими зарядами, которые несут на себе неподвижные ионы примесей (см. рис.); в остальной части пластинки эти заряды нейтрализованы присутствующими там основными носителями (электронами в *n*-области и дырками в *p*-области). Объемные заряды, сосредоточенные в обедненном слое, создают контактную разность потенциалов между областями с разной проводимостью и электрическое поле, препятствующее движению основных носителей из одной области в другую. Таким образом, на Э. п. образуется потенциальный барьер. Высота этого барьера возрастает при приложении к Э. п. внешнего напряжения плюсом к *n*-области и минусом к *p*-области (запорное, или обратное, направление), так как при этом основные носители еще больше оттягиваются от Э. п. и ширина обедненного слоя увеличивается. Поэтому при подаче обратного напряжения вероятность прохождения основных носителей через Э. п. оказывается совсем малой и в цепи возникает небольшой обратный ток, обусловленный движением через переход неосновных носителей (дырок из *n*-области в *p*-область и электронов из *p*-области в *n*-область), концентрация которых невелика.



При приложении к Э. п. прямого напряжения (плюсом к *p*-области, минусом к *n*-области) потенциальный барьер снижается и Э. п. начинает пересекать возрастающее с увеличением прямого напряжения количество основных носителей. Поскольку их концентрация велика, прямой ток может иметь большие значения, ограничиваемые в пределе электрическим сопротивлением объема полупроводниковой пластинки и внешней цепи. Таким образом, Э. п. обладает свойством односторонней проводимости, используемым в *полупроводниковых выпрямителях.*

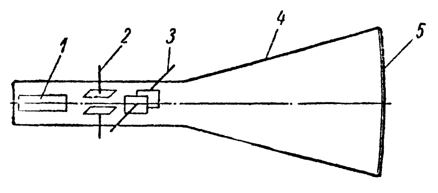
В разнообразных полупроводниковых приборах (полупроводнико-

вых диодах, транзисторах. фотодиодах, термоэлектрических генераторах и холодильниках, варикапах, кремниевых стабилитронах, туннельных и обращенных диодах и др.) наряду с односторонней проводимостью широко используются другие ценные качества Э. п. (см. *Барьерная емкость*, *Вентильный фотоэффект*, *Пробой p — n перехода*, *Туннельный эффект*, *Эффект Пельтье*, а также статьи о перечисленных выше приборах).

Электронное изображение — распределение плотности электронного потока в некоторой плоскости, отображающее распределение плотности *электронной эмиссии* (или прозрачности) источника электронов. Электронные лучи, исходящие из каждой точки объекта, собираются (фокусируются) приблизительно в одной точке Э. и. Э. и. образуется в *электронных микроскопах*, *электронно-оптических преобразователях*, телевизионных передающих трубках и т. д.

Электронно-ионная плазма — см. *Плазма*.

Электронно-лучевая трубка — электронный прибор, в котором используется узкий пучок электро-



1 — электронный прожектор, *2* — пластины вертикального отклонения; *3* — пластины горизонтального отклонения; *4* — слой аквадага; *5* — экран.

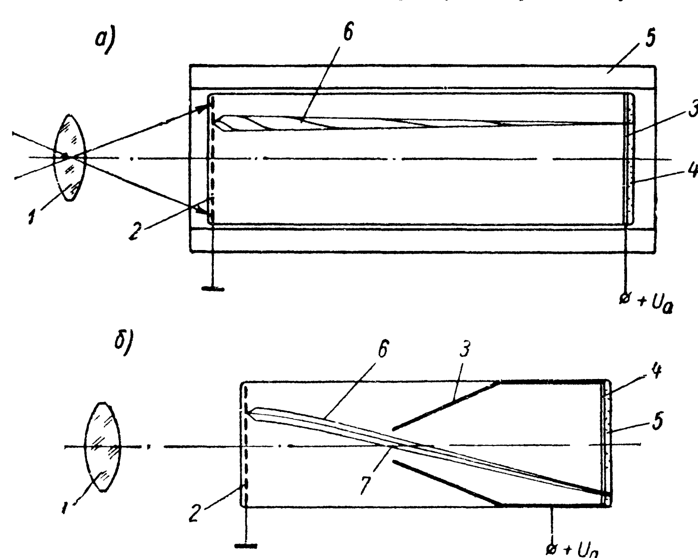
нов — электронный луч. Э. т. нашли разнообразные применения в технике благодаря практической безынерционности электронного луча — легкости его отклонения и модуляции. Э. т. лежат в основе *телевизионной техники*, широкополосных *осциллографов*, радиолокационных индикаторов и т. п. В осциллографических Э. т. (см. рис.) и *кинескопах* электронный луч, образуемый *электронным прожектором*, создает на экране — люминофоре — светящееся пятно. В осциллографических трубках для отклонения луча используются две пары взаимно перпендикулярных пластин. В кинескопах отклонение (*развертка*) создается магнитными полями, образуемыми внешними катушками. В *накопительных* и *передающих телевизионных трубках* электронный луч обегает специальный электрод — *мишень*. В *знаковых электронно-лучевых трубках* электронное пятно на экране формируется в виде тех или иных знаков. В *электронно-лучевых коммутаторах* электронный луч переключает различные цепи.

Электронно-лучевой коммутатор — *электронно-лучевая трубка*, в которой «ползунком» коммутатора служит электронный луч, двигающийся по системе электродов — «ламелей», соединенных с переключаемыми цепями. Преимущество Э. к. — в его быстродействии.

Электронно-оптический преобразователь — электронная трубка, преобразующая оптическое световое изображение в электронное и электронное — снова в световое. Чувствительность кислородно-цезиевых *фотокатодов* к инфракрасным лучам позволяет преобразовывать невидимые инфракрасные изображения в видимые. На этом свойстве Э. п. построены инфракрасные бинокли и другие приборы. Возможность придать электронам большую энергию от источника высокого напряжения $U_а$ позволяет получить на экране Э. п. усиленное изображение, что привело к построению *электронно-оптических усилителей*.

На рис. *а* показана упрощенная схема Э. п. с магнитной фокусировкой однородным полем длинной катушки. При этом изображение на экране имеет тот же размер и ориентацию, как изображение на фо-

токатоде. Точная фокусировка достигается подбором тока в фокусирующей катушке. На рис. *б* изображена схема Э. п. с *электростатической* (иммерсионной) *линзой*. Изображение получается перевернутым на 180°, увеличенным или уменьшенным в зависимости от конфигурации и взаимного расположения фотокатода, фокусирующего анода и экрана. От напряжения U_a фокусировка мало зависит, поскольку изменение U_a не меняет форму фокусирующего поля. Э. п. получили многочисленные применения в физике и технике.



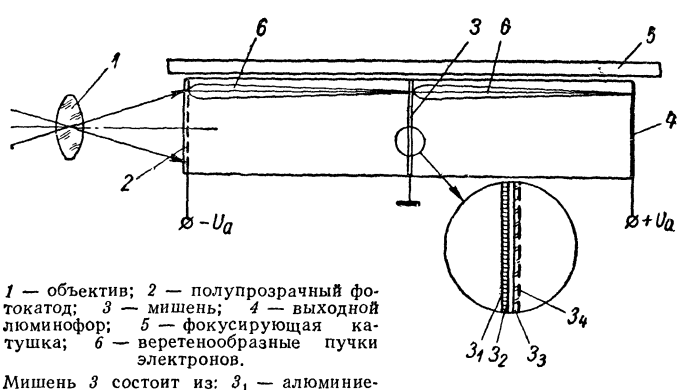
а — электронно-оптический преобразователь с фокусировкой однородным полем длинной катушки: *1* — объектив, *2* — полупрозрачный фотокатод, *3* — тонкая алюминиевая пленка, *4* — люминофор, *5* — фокусирующая катушка, *6* — веретенообразный пучок электронов, фокусирующий одну точку электронного изображения;

б — электронно-оптический преобразователь с электростатической электронной линзой: *1* — объектив, *2* — полупрозрачный фотокатод, *3* — анод фокусирующей линзы, *4* — тонкая пленка алюминия, *5* — люминофор, *6* — пучок электронов, фокусирующий одну точку электронного изображения, *7* — первое пересечение («кросовер»).

Электронно-оптический усилитель — *электронно-оптический преобразователь*, в котором световой поток выходного изображения или его яркость больше, чем световой поток или яркость входного оптического изображения на *фотокатоде*. Э. у. делают одно- и многокамерными, с магнитной или электростатической фокусировкой. Пример двухкамерного Э. у. с магнитной фокусировкой изображен на рис. Промежуточная мишень состоит из тонкой стеклянной пленки, покрытой с одной стороны *люминофором* и тонкой пленкой алюминия, а с другой — полупрозрачным фотокатодом. Усиленное изображение с люминофора дает начало новому электронному изображению. Благодаря малой толщине стеклянной пленки четкость изображения при таком «контактном» переносе почти полностью

сохраняется. Пленка алюминия, прозрачная для быстрых электронов, не пропускает свет от люминофора обратно на фотокатод; это устраняет положительную обратную связь в Э. у., могущую привести к самовозбуждению. Усиление однокамерного Э. у. по току или световому потоку определяется выражением $k = \pi\varepsilon\eta U_а$, где ε — интегральная *чувствительность фотоэлемента* (фотокатода) в *а/лм*; η — отдача люминофора в *св/вт*; кратковременные процессы, длящиеся менее 10^{-10} *сек*.

Электронные приборы—приборы, в которых прохождение тока осуществляется электронным потоком, двигающимся в высоком вакууме. К числу Э. п. относятся *электронные лампы*, в том числе специальные лампы для сверхвысоких частот — *клистроны*, *магнетроны*, *лампы бегущей* или *обратной волны*, *электронно-лучевые трубки*, вакуумные *фотоэлементы* и др.



1 — объектив; 2 — полупрозрачный фотокатод; 3 — мишень; 4 — выходной люминофор; 5 — фокусирующая катушка; 6 — веретенообразные пучки электронов.

Мишень 3 состоит из: $З_1$ — алюминиевой пленки; $З_2$ — люминофора; $З_3$ — стеклянной пленки; $З_4$— полупрозрачного фотокатода.

$U_а$ — напряжение между люминофором и фотокатодом в *в*. При $U_а$ порядка 20 *кв* величина k может достигать 50—100. В трехкамерных Э. у. общее усиление может достигать значения 10^5—10^6 раз. В Э. у. с электростатической фокусировкой за счет уменьшения линейного размера изображения в β раз можно получить дополнительное усиление яркости в β^2 раз. В обычной оптике получать усиление яркости или светового потока принципиально невозможно.

Э. у. имеют важное применение в астрономии, рентгеноскопии, телевизионных камерах, в научной фотографии и кинематографии, а также в разнообразных физических приборах, позволяющих видеть и фотографировать чрезвычайно

Электронные электроизмерительные приборы — см. *Ламповый вольтметр*.

Электронный луч — траектория движущегося электрона или потока электронов. Часто Э. л. называют поток электронов, летящих по близким траекториям, образующим узкий пучок Э. л. Фокусировка, модуляция и отклонение Э. л. лежит в основе действия *электронно-лучевых трубок* и приборов.

Электронный микроскоп — прибор для очень большого увеличения *электронного изображения* микрообъектов. Предел увеличения светового микроскопа не превышает 1000—1500 раз. Разрешаемое расстояние (см. *Разрешающая способность*) не может быть меньше по-

ловины длины волны λ и для средней длины волны видимого спектра равно 2500 Å. *Электронный луч* согласно представлениям современной физики также обладает волновыми свойствами. Длина волны электронных лучей уменьшается обратно пропорционально скорости электронов и на четыре-пять порядков меньше световых волн. Однако достичь предельного разрешения в Э. м. не удалось. Достигнутое разрешение 2,5—5 Å на три порядка выше, чем в световом микроскопе, что позволяет получить в Э. м. увеличение до 400 000 раз. При этом становятся различимыми не очень крупные молекулы.

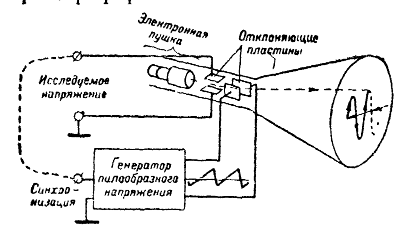
Увеличение и фокусировка в Э.м. осуществляются главным образом *магнитными линзами* панцирного типа. Обмотка, ток через которую создает магнитное поле линзы, размещается внутри стального панциря. Полюсные наконечники с узкой кольцевой щелью концентрируют поле, что позволяет создать сильные магнитные короткофокусные линзы, необходимые для большого увеличения. Для уменьшения *аберраций* и увеличения яркости выходного изображения электроны ускоряются высоким напряжением до 30 000—100 000 *в* и более. В просвечивающих Э. м. пучок быстрых электронов пронизывает микрообъект. Различные участки последнего по-разному рассеивают и поглощают электроны; это создает контраст в электронном изображении. В эмиссионных Э. м. для исследования массивных объектов используется неоднородность собственной электронной эмиссии. В отражательных Э. м. используются отраженные и вторичные электроны. В растровых Э. м. поверхность образца развертывается весьма узким электронным лучом наподобие *камеры с бегущим лучом*. Имеются еще теневые и зеркальные Э. м.

«Освещающий» или «просвечивающий» электронный пучок создается в Э. м. трехэлектродным *электронным прожектором* и дополнительными конденсорными электронными линзами. На поверхности образца в несколько квадратных микрон фокусируется первое пересечение электронного пучка с плотностью тока порядка единиц ампер на 1 см². Далее электронный пучок, несущий изображение объекта, фокусируется на поверхность *люминофора* и наблюдается с помощью увеличительной линзы — пяти-десятикратного окуляра. В некоторых Э. м. предусматривается возможность получать электронное изображение непосредственно на фотопластинке или пленке. Увеличение осуществляется тремя электронными линзами: объективом, промежуточной линзой и проекционной линзой. Такой способ позволяет получать в Э. м. увеличение, регулируемое в широких пределах.

Э. м. незаменим в физиологических исследованиях. Впервые с его помощью стали наблюдаться вирусы, тонкая структура клеток, крупные органические молекулы. Э. м. получил важное применение в металлургии, химической технологии, производстве полупроводниковых приборов и других отраслях промышленности.

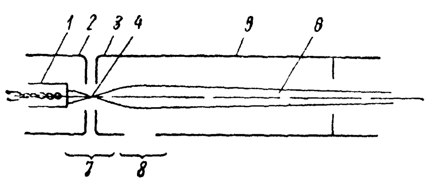
Электронный осциллограф — *осциллограф*, в котором для наблюдения и регистрации электрических процессов служит *электронно-лучевая трубка*. Э. о. иногда называют катодным или электронно-лучевым осциллографом. Наблюдаемое напряжение подводится к одной из двух пар отклоняющих пластин трубки и вызывает отклонение *электронного луча*, а вместе с тем и светящегося пятна на экране осциллографа обычно в вертикальном направлении. К другой паре пластин подводится «напряжение развертки», которое изменяется с постоянной скоростью и вызывает равномерное отклонение электронного луча и перемещение пятна на

экране в горизонтальном направлении. В результате пятно на экране вычерчивает кривую изменения во времени исследуемого напряжения. Ее можно наблюдать визуально или фотографировать. После того как



пятно достигло наибольшего отклонения в горизонтальном направлении, напряжение развертки изменяется скачком так, что пятно возвращается в начальную точку. Затем напряжение развертки снова изменяется с постоянной скоростью, перемещая пятно по экрану, и т д. Для этого напряжение развертки должно иметь пилообразную форму. Оно создается специальным генератором *релаксационных колебаний.*

Электронный прожектор — совокупность электродов в *электроннолучевых трубках*, служащая для



1 — подогревный катод; 2 — модулятор; 3 — ускоряющий и экранирующий электрод (первый анод); 4 — первое пересечение (скрещение); 5 — второй анод; 6 — электронный пучок; 7 — иммерсионный объектив; 8 — вторая линза.

создания узкого пучка электронов — *электронного луча.* Э. п. содержит *подогревный катод*, *модулирующий электрод*, ускоряющие и фокусирующие электроды. В триодных Э. п. имеется только один ускоряющий электрод — анод — и одна *электростатическая линза — иммерсионный объектив*, собирающий электронные лучи в первое пересечение (скрещение). Второй линзой, фокусирующей первое пересечение на экран, служит *магнитная линза*, образуемая полем внешней *фокусирующей катушки.* В тетродных Э. п. (см. рис.), получивших наибольшее распространение в *кинескопах*, вторая линза также электростатическая. Она создает на экране увеличенное изображение первого пересечения. В Э. п., предназначенных для формирования особо узкого луча, на экран проектируется *электронное изображение* небольшого калиброванного отверстия в диафрагме анода; эту диафрагму размещают в месте первого пересечения.

Электронный пучок — поток электронов, образующий пучок *электронных лучей.* Узкий Э. п. часто называют электронным лучом.

Электронный стабилизатор напряжения — стабилизатор напряжений, в котором автоматическая компенсация изменений питающего напряжения осуществляется с помощью электронных ламп. Принцип действия Э. с. н. состоит в следующем. Выходное напряжение стабилизатора сравнивается с некоторым опорным напряжением, которое должно быть возможно более постоянным и обычно получается от *газового стабилизатора напряжений.* Разность между выходным напряжением (или некоторой его постоянной долей) и опорным усиливается и подается на сетку электронной лампы, включенной последовательно с нагрузочным сопротивлением стабилизатора. Режим этой лампы выбирается так, что при увеличении выходного напряжения внутреннее сопротивление лампы увеличивается и вместе с тем увеличивается падение напряжения на ней, а выходное напряжение уменьшается. Наоборот, при уменьшении выходного на-

пряжения внутреннее сопротивление лампы уменьшается и вместе с тем уменьшается падение напряжения на ней, а выходное напряжение возрастает. Таким образом, колебания напряжения на выходе стабилизатора, вызванные изменениями питающего напряжения, почти полностью компенсируются. При достаточно большом усилении разности между выходным и опорным напряжениями и высоком постоянстве последнего изменения напряжения на выходе Э. с. н. могут быть уменьшены в тысячи раз по сравнению с изменениями питающего напряжения.

Электронный умножитель — см. *Фотоэлектронный умножитель.*

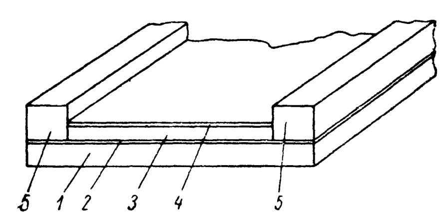
Электроны проводнмости — свободные (не привязанные к определенному атому твердого тела) электроны, способные участвовать в электропроводности. В отсутствие созданного внешним источником э. д. с. электрического поля Э. п. хаотично перемещаются внутри объема твердого тела и создают лишь слабые электрические флуктуации, возрастающие с повышением температуры тела (тепловые шумы). При появлении электрического поля Э. п., обладая отрицательным зарядом ($1{,}6 \cdot 10^{-19}\ k$), получают приращение скорости в направлении от отрицательного полюса к положительному, т. е. навстречу электрическому полю, и тем самым осуществляют перенос электрического заряда через твердое тело (проводник, полупроводник); отсюда название Э. п. — носители (заряда, электричества). С позиций *зонной теории* Э. п. — электроны с энергиями, соответствующими зоне проводимости.

Электрооптический анализ изображения — преобразование оптического изображения в электрические сигналы с помощью *развертки.*

Электрооптическнй синтез изображения — запись телевизионного изображения на экране кинескопа.

Электропроводность полупроводников — см. *Полупроводники.*

Электростатическая запись изображений — преобразование оптического изображения в *зарядный рельеф* на специальной пленке — фотоленте — с последующим считыванием сигнала электронным лучом. Схема фотоленты изображена на рис. Металлические полоски по краям предохраняют слой полистирола от соприкосновения при намотке ленты в рулон. Работа устройства происходит в режимах



1 — прозрачная подложка (100 *мк*); *2* — сигнальная пластина (прозрачный проводящий слой золота 0,01 *мк*); *3* — фоточувствительный слой (фотосопротивление) стибнита 2 *мк*; *4* — диэлектрический слой (полистирол 0,6 *мк*); *5* — металлические полоски 15 *мк*.

стирания, записи и считывания. Осуществление этих режимов возможно различными способами. В одном из них, при стирании широким электронным потоком без развертки в режиме быстрых электронов, пленка полистирола в темноте равномерно заряжается свободными положительными зарядами до потенциала *коллектора.* Во время записи оптическое изображение сквозь подложку и *сигнальную пластину* освещает слой фотосопротивления (стибнита). Проводимость его в светлых местах становится больше, как в *видиконе.* Одновременно мишень засеивается широким потоком медленных электронов. Разряд мишени под их влиянием происходит быстрее в освещенных местах, чем в темных. После прекращения кратковременного засева и экспозиции, на поли-

стироле остаются свободные положительные заряды, образующие рельеф отрицательной полярности, который в вакууме может сохраняться месяцами.

Считывание рельефа осуществляется сфокусированным электронным лучом медленных или быстрых электронов, как в *накопительных* или *передающих телевизионных трубках*. Ввиду использования *принципа накопления заряда* чувствительность Э. з. и. высока и сравнима с чувствительностью фотографии. Э. з.и. была разработана для передачи изображений из космоса.

Электростатическая индукция — возникновение электрических зарядов на проводнике под влиянием других электрических зарядов, находящихся поблизости. Под действием внешнего заряда данного знака на ближайшем конце проводника индуцируется (возникает) заряд противоположного знака, а на удаленном конце проводника — заряд того же знака. При этом оба индуцируемых заряда равны по величине. Таким образом, Э. и. вызывает только разделение зарядов на проводнике, но не изменяет его общего заряда (сумма индуцируемых зарядов равна нулю). Если внешний индуцирующий заряд неподвижен, то величина индуцируемых зарядов и их расположение всегда таковы, что они создают внутри проводника электрическое поле, равное по величине и противоположное по направлению электрическому полю внешнего заряда. Следовательно, результирующее электрическое поле внутри проводника равно нулю. Если бы это было не так, то поле внутри проводника вызвало бы движение зарядов в нем. Из этих соображений вытекает также, что в отсутствие внешних индуцирующих зарядов распределение зарядов по поверхности заряженного проводника оказывается таким,что электрическое поле внутри проводника отсутствует.

В присутствии же индуцирующих зарядов общее поле этих зарядов и зарядов, расположенных на проводнике, внутри проводника также должно быть равно нулю. Отсюда ясно, что индуцирующие заряды изменяют поле зарядов, расположенных на поверхности проводника, а значит, и расположение самих зарядов на его поверхности. Например, если к уединенному шару, по поверхности которого заряд распределен равномерно, приблизить (не прикасаясь к шару) внешний заряд, то равномерное распределение заряда по поверхности шара нарушится. Более того, если к заряженному шару приблизить (также не прикасаясь к нему) незаряженное тело, то вследствие Э. и. на этом теле появятся разноименные заряды. Так как эти заряды разных знаков и по отношению к шару расположены по-разному, то они так же, как и один внешний заряд, нарушат равномерное распределение заряда по поверхности шара.

Электростатическая линза — система электродов, обладающая осевой симметрией и образующая фокусирующее поле. Это поле превращает пучок электронов, выходящих из одной точки, в пучок, сходящийся приблизительно в одну точку, — *электронное изображение* точечного источника электронов. Фокусирующее действие Э. л. объясняется конфигурацией поля, которое ускоряет электроны в направлении к оси.

Электродами Э. л. служат цилиндры, диски с круглыми отверстиями в их центре и т. п. В двухэлектродных Э. л. на второй электрод подается более высокий потенциал, благодаря чему такая Э. л., помимо фокусирующего действия, ускоряет электроны пучка. В трехэлектродных Э. л., состоящих, например, из трех дисков, два крайних соединены вместе, и такая Э. л. не ускоряет электроны. Э. л. применяются в *электронных*

прожекторах, электронных микроскопах и электронно-оптических преобразователях.

Электростатический микрофон — см. *Конденсаторный преобразователь.*

Электростатический экран — металлический проводник, в большинстве случаев заземленный и предназначенный для экранирования тех или иных проводников от воздействия мешающих электрических полей. Действие Э. э. объясняется *электростатической индукцией.* На экране возникают заряды, противоположные тем, которые создают мешающее электрическое поле (заряды того же знака, также возникающие при индукции, уходят в землю). Силовые линии мешающего поля заканчиваются на экране и не доходят до проводников, защищаемых экраном. При переменном электрическом поле заряды, индуцируемые на экране, все время изменяются и по экрану протекают токи. Чтобы экран выполнял свое назначение в этом случае (особенно при высоких частотах), он должен обладать малым сопротивлением.

Электростатическое поле — *электрическое поле*, создаваемое неподвижными электрическими зарядами. Чтобы заряды были неподвижны, на них не должны действовать силы в тех направлениях, в которых заряды могли бы двигаться. При наличии электрического поля внутри проводников в них возникло бы движение зарядов (электрический ток); следовательно, заряды могут оставаться неподвижными лишь в том случае, когда созданное ими Э. п. внутри проводников отсутствует. Кроме того, создаваемое неподвижными зарядами Э. п. на поверхности проводника должно быть нормально к его поверхности (в противном случае электрические заряды двигались бы по поверхности проводника в направлении тангенциальной составляющей Э. п.). Для выполнения этих условий неподвижные заряды должны располагаться только по поверхности проводника и с определенной *поверхностной плотностью заряда*, вообще говоря, различной в разных участках поверхности. (Только на проводнике, имеющем форму шара, заряды будут распределены равномерно — поверхностная плотность их будет одинакова во всех точках.) В случае наличия токов в проводниках в них должно существовать электрическое поле, движущее заряды. Следовательно, движущиеся заряды располагаются в проводниках, вообще говоря, не так, как неподвижные, и создают электрические поля, отличные по своей конфигурации от Э. п.

Элемент разрешения — прямоугольник, сторона которого в каждом направлении равна минимальной ширине светлой или темной полоски меры максимальной *контрастности*, изображение которой надежно различается. Иными словами, Э. р. равен половине периода разрешаемой в данном направлении штриховой меры.

Элементарные динамические звенья — отдельные элементы систем автоматического управления, обладающие одинаковыми элементарными динамическими свойствами. Разделение на Э. д. з. производится таким образом, чтобы их динамические свойства определялись только одной переменной, которой может быть скорость, положение, ускорение механических элементов, ток или напряжение электрической цепи и т. д.

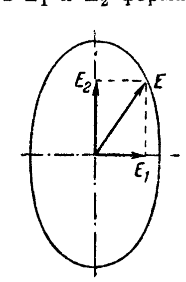
Элементарный диполь — то же, что *Герца вибратор.*

Элементы автоматических устройств — конструктивные элементы, образующие различные автоматические и телемеханические системы и устройства. При большом числе элементов, используемых в современной автоматике, все они выполняют небольшое число функций. Основными функциями Э. а у.

являются: наблюдение за ходом различных процессов; сравнение фактических значений наблюдаемых величин с заданными; выявление величины и направления этих значений; осуществление управляющих воздействий. В соответствии с основными функциями Э. а. у. можно разделить на чувствительные, промежуточные, исполнительные и др. По физической природе Э. а. у. могут быть электрическими, механическими, пневматическими, гидравлическими, электронными и т. д. Иногда в Э. а. у. осуществляется преобразование одного вида энергии в другой. Такие элементы получили название преобразователей. Любые Э. а. у. осуществляют связь между двумя какими-либо физическими процессами; эта связь может иметь непрерывный или дискретный характер, в соответствии с чем все Э. а. у. можно разделить на непрерывные или дискретные.

Эллиптически поляризованная электромагнитная волна — *поляризованная электромагнитная волна*, в которой электрический вектор E вращается с угловой скоростью, равной угловой частоте волны, и изменяет свою величину так, что конец его описывает эллипс, лежащий в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны. Так как электрический и магнитный векторы E и H в каждый момент равны по величине (в системе СГСЭ) и перпендикулярны друг другу, то вектор H описывает такой же эллипс, но повернутый на 90° относительно эллипса, описываемого вектором E. Направление вращения вектора, форма эллипса и его ориентировка в Э. п. э. в. могут быть различны.

В простейшем случае, изображенном на рис., Э. п. э. в. с электрическим вектором E можно разложить на две плоскополяризованных во взаимно перпендикулярных направлениях волны с векторами напряженности электрического поля E_1 и E_2, у которых амплитуды векторов E_1 и E_2 равны соответственно полуосям эллипсов, а сдвиг фаз между этими векторами равен $\pi/2$ (изменение направления вращения вектора E соответствует изменению знака сдвига фаз между векторами E_1 и E_2). При других соотношениях между амплитудами и фазами векторов E_1 и E_2 форма эллипса и его ориентировка будут иными. Поэтому при распространении Э. п. э. в. в *анизотропной среде*, в которой скорость распространения двух волн, плоскополяризованных во взаимно перпендикулярных направлениях, различна, сдвиг фаз между векторами E_1 и E_2 изменяется по мере распространения волны. Вследствие этого форма эллипса, описываемого вектором E распространяющейся волны, все время изменяется. В частности, в тех точках, где сдвиг фаз между векторами E_1 и E_2 становится равным $n\pi$ (где n — целое число), эллипс превращается в прямую, т. е. Э. п. э. в. превращается в *плоскополяризованную электромагнитную волну*. С другой стороны, плоскополяризованная электромагнитная волна, распространяясь в анизотропной среде, может превратиться в Э. п. э. в. Подобные явления происходят при распространении радиоволн в ионосфере вследствие наличия магнитного поля Земли, придающего ионосфере свойства анизотропной среды.



Эмитрон — английское название *иконоскопа*.

Эмиттер — см. *Транзистор*.

Эмиттерный переход — см. *Транзистор*.

Энергетические зоны — см. *Зонная теория*.

Энергия магнитного поля — энергия, которой обладает *магнитное поле*, распределенная в пространстве, в котором оно локализовано. В случае *магнитного поля тока* Э. м. п. представляет собой *энергию электрического тока*, создающего это магнитное поле. Магнитное поле могут создавать также постоянные магниты; это магнитное поле тоже представляет собой поле электрических токов, но не токов, текущих в проводниках, а элементарных токов, существующих в постоянных магнитах. Магнитное поле может возбуждаться не только электрическими токами и постоянными магнитами, но и изменениями электрического поля (см. *Ток смещения*). Во всех указанных случаях Э. м. п. однозначно определяется характером поля независимо от причин его возникновения. Различие заключается лишь в том, откуда черпается Э. м. п. Э. м. п., созданного электрическим током, образуется за счет работы э. д. с., создающей токи, а Э. м. п., возникающего за счет изменения электрического поля, — непосредственно из *энергии электрического поля.*

Связь между *напряженностью магнитного поля* и плотностью Э. м. п. может быть найдена из рассмотрения простейшего случая — Э. м. п. длинной катушки индуктивности, питаемой током I. Магнитное поле внутри такой катушки однородно и имеет напряженность

$$H = nI, \qquad (1)$$

где n — число витков катушки, приходящихся на единицу ее длины. Если катушка имеет замкнутый сердечник из ферромагнетика с относительной магнитной проницаемостью μ, то *индуктивность катушки*

$$L = \mu_0\mu n^2 Sl, \qquad (2)$$

где μ_0 — магнитная проницаемость вакуума (в системе СИ величина размерная и не равная единице); S — площадь сечения катушки; l — ее длина.

Энергия электрического тока I, текущего в этой катушке, есть $W = \frac{LI^2}{2}$. Выражая I через H с помощью соотношения (1) и подставляя его, а также значение L из соотношения (2), найдем связь между энергией тока, текущего в длинной катушке, и напряженностью магнитного поля внутри нее:

$$W_{\text{н}} = \frac{1}{2}\mu_0\mu H^2 Sl. \qquad (3)$$

Но энергия тока — это энергия созданного им магнитного поля; так как поле внутри катушки однородно, то Э. м. п. должна быть распределена равномерно по всему объему сердечника, равному Sl. Следовательно, энергия, приходящаяся на единицу объема или плотность Э. м. п.,

$$w_{\text{н}} = \frac{1}{2}\mu_0\mu H^2. \qquad (4)$$

В случае неоднородного поля плотность энергии есть отношение количества энергии $\Delta w_{\text{н}}$, заключенной в малом объеме Δv, к величине этого объема, т. е. $w_{\text{н}} = \Delta W_{\text{н}}/\Delta v$, причем объем должен быть взят столь малым, чтобы в его пределах напряженность поля можно было считать во всех точках одинаковой. Выражение для плотности Э. м. п., полученное выше для случая однородного поля, остается справедливым и для случая неоднородного поля.

Чтобы выяснить до конца связь между Э. м. п. и электрическим током, создающим это магнитное поле, необходимо учесть, что всякий ток образуется в результате движения в одном направлении очень большого числа N носителей электричества, например электронов. Каждый из N движущихся по проводнику с одинаковой средней скоростью электронов создает одинаковое магнитное поле. Эти

одинаковые магнитные поля накладываются друг на друга, и если напряженность каждого из N магнитных полей в какой-либо точке равна h, то плотность энергии каждого из этих магнитных полей, как следует из (4), равна

$$w_{\text{н}} = \frac{1}{2}\mu_0\mu h^2, \qquad (5)$$

напряженность результирующего поля, получившегося при наложении всех N полей, равна Nh, а плотность энергии результирующего магнитного поля равна:

$$w_{\text{н}} = \frac{1}{2}\mu_0\mu N^2h^2. \qquad (6)$$

Из сопоставления выражений (5) и (6) видно, что плотность энергии результирующего поля в N^2 раз больше, чем энергии каждого из N полей, создаваемых отдельными электронами, а значит, и полная энергия результирующего поля (в силу одинаковой конфигурации всех полей) в N^2 раз больше энергии каждого из N составляющих полей, т. е. в N раз больше, чем сумма их энергий. Как и в случае *энергии электрического поля*, квадратичная зависимость плотности энергии от напряженности поля приводит к тому, что наряду с энергией каждого отдельного электрического тока возникает взаимная энергия электрических токов. И чем большее число N электрических токов участвует в создании результирующих тока и магнитного поля, тем бóльшую долю в энергии результирующего магнитного поля составляет взаимная энергия электрических токов.

Энергия электрических зарядов — энергия, обусловленная силами взаимодействия между электрическими зарядами. Эти силы, вызывая перемещение зарядов, совершают работу. Например, два одноименных электрических заряда отталкиваются друг от друга, и если заряды (или хотя бы один из них) могут перемещаться, то заряды будут удаляться друг от друга и силы взаимодействия будут при этом совершать работу. Наоборот, чтобы сблизить два одноименных электрических заряда, нужно приложить внешнюю силу для преодоления сил отталкивания, и при сближении зарядов эта внешняя сила будет совершать работу. Эта затраченная работа равна той, которую могли бы совершить заряды, удаляясь снова в исходное положение. Таким образом, затраченная при сближении зарядов работа превращается в Э. э. з. Так как Э. э. з. зависит только от величины и взаимного расположения зарядов, то она по своему характеру аналогична потенциальной энергии.

Поскольку в рассматриваемом случае Э. э. з. обусловлена взаимодействием двух зарядов, она представляет собой взаимную электрическую энергию двух зарядов. Для двух одноименных зарядов эта энергия тем больше, чем больше величины зарядов и чем меньше расстояние между ними. Когда заряды удаляются на бесконечно большое расстояние, силы взаимодействия между зарядами уменьшаются до нуля и, значит, Э. э. з. падает до минимального значения. На всех меньших расстояниях Э. э. з. больше нуля. Таким образом, взаимная Э. э. з. в случае одноименных зарядов всегда положительна и по абсолютной величине достигает максимального значения при наименьшем возможном расстоянии между зарядами. Наоборот, два разноименных заряда притягиваются друг к другу, и силы взаимодействия совершают работу при сближении зарядов, а для их удаления друг от друга должна быть затрачена работа внешних сил. Следовательно, два разноименных заряда обладают наибольшей взаимной Э. э. з., когда они удалены на бесконечно большое расстояние. Но во всех физических задачах играет роль не величина потен-

циальной энергии в данном положении, а изменение величины потенциальной энергии при переходе от одного положения к другому. Поэтому можно выбрать произвольно тот нулевой уровень, от которого следует отсчитывать значения потенциальной энергии во всех других положениях. За этот нулевой уровень можно принять взаимную Э. э. з. при бесконечно большом расстоянии между зарядами (когда силы взаимодействия равны нулю). Поскольку при уменьшении расстояния взаимная энергия уменьшается, то значит, она везде меньше, чем на бесконечно большом расстоянии, где мы ее приняли равной нулю. Таким образом, взаимная энергия двух разноименных зарядов всегда отрицательна.

Помимо взаимной энергии двух или многих электрических зарядов, каждый уединенный электрический заряд обладает собственной энергией. В самом деле, так как отдельные части одного и того же заряда взаимодействуют между собой, то, удаляясь друг от друга, эти отдельные части заряда совершают работу (наоборот, чтобы собрать вместе удалившиеся части одного и того же заряда, нужно затратить работу). Взаимная энергия того бесконечно большого числа отдельных частей, на которые данный заряд может быть разделен, и представляет собой собственную энергию данного заряда. Так как все эти части содержат бесконечно малые одноименные заряды, то их взаимная энергия, а значит, и собственная энергия всего заряда, всегда положительны и тем больше, чем меньше расстояния, на которых находятся друг от друга отдельные части зарядов, т. е. чем больше *плотность заряда*. В простейшем случае, когда электрический заряд распределен с равномерной плотностью по поверхности проводника, имеющего форму шара, собственная энергия такого электрического заряда в абсолютной электростатической системе единиц выражается простой формулой

$$W_e = \frac{Q^2}{2R},$$

где Q — величина заряда, а R — радиус шара. Из этого выражения видно, что по мере уменьшения радиуса заряженного шара энергия заряда беспредельно возрастает и при $R \to 0$ энергия $W \to \infty$. Иначе говоря, если бы мы предположили, что весь заряд сосредоточен в одной точке, то бесконечно большой оказались бы плотность заряда (так как он заключен в объеме, равном нулю), а вместе с тем и собственная энергия этого точечного заряда.

Итак, для расчетов сил взаимодействия между зарядами и напряженности создаваемых зарядами полей можно рассматривать электрические заряды как точечные, если размеры их малы по сравнению с теми минимальными расстояниями, на которых мы рассматриваем электрические поля этих зарядов. Но, принимая заряды как точечные, мы должны отказаться от рассмотрения того, что происходит внутри заряда; тогда мы не встретимся ни с бесконечно большой плотностью зарядов, ни с бесконечно большой их энергией. Но для подсчета собственной Э. э. з. всегда необходимо учитывать конечные размеры электрических зарядов, а не полагать их точечными, чтобы оказалась не бесконечно большой, а конечной собственная энергия каждого отдельного заряда. Вместе с тем, собственная энергия всего заряда всегда больше, чем взаимная энергия этого заряда и любого другого заряда (это обусловлено тем, что расстояние между элементами данного заряда всегда меньше их расстояния до любого другого заряда). Хотя взаимная Э. э з. может быть отрицательна, но собственная Э. э. з. всегда положительна и больше взаимной Э. э. з., а поэтому полная Э. э. з.,

которая представляет собой сумму собственной и взаимной Э. э. з., всегда положительна.

Аналогия между Э. э. з. и потенциальной энергией в механике выражается, например, в том, что так же, как свободное тяжелое тело, поднятое на некоторую высоту над Землей, опускается вниз, т. е. в направлении, в котором потенциальная энергия тела в поле тяготения уменьшается, в системе зарядов, предоставленных самим себе, отдельные заряды движутся так, что Э. э. з. уменьшается. Тяжелое тело может находиться в состоянии устойчивого равновесия лишь в наинизшей точке, т. е. в положении, в котором потенциальная энергия тела в поле тяготения имеет минимальное значение. Точно так же система электрических зарядов может находиться в состоянии устойчивого равновесия только в таком положении, когда Э. э. з. имеет минимальное значение. Но для этого взаимная Э. э. з. должна иметь минимальную абсолютную величину, когда она положительна, и максимальную абсолютную величину, когда она отрицательна. Для системы, состоящей из двух одноименных зарядов, взаимная Э. э. з. положительна, и ее абсолютная величина достигает минимальной величины, когда заряды удалились бесконечно далеко друг от друга. Для системы, состоящей из двух разноименных зарядов, взаимная Э. э. з. отрицательна, и ее абсолютная величина достигает максимального значения при наименьшем возможном расстоянии между зарядами (т. е. когда тела, несущие эти заряды, соприкасаются). Значит, для системы двух зарядов не существует устойчивого состояния равновесия при конечном расстоянии между зарядами — либо это расстояние должно быть бесконечно велико (одноименные заряды), либо равно нулю (разноименные заряды). Данный вывод при помощи более сложных рассуждений может быть распространен на любую систему электрических зарядов, между которыми действуют только силы электрического взаимодействия (кулоновы силы). Следовательно, никакая система электрических зарядов, между которыми действуют только кулоновы силы, не может находиться в состоянии устойчивого равновесия при конечных расстояниях между всеми зарядами.

Так как силы взаимодействия электрических зарядов вызываются их электрическим полем, то и Э. э. з., обусловленная силами взаимодействия, связана с этим полем и распределена в пространстве, в котором это поле возникает. Иными словами, Э. э. з. является *энергией электрического поля.* При наложении двух электрических полей их общая энергия отличается от суммы энергий, которыми обладает каждое из полей в отдельности. Это отличие в общей энергии двух электрических полей и соответствует взаимной Э. э. з. (подробнее см. *Энергия электрического поля*).

Энергия электрического поля — энергия, которой обладает электрическое поле и которая распределена в пространстве, занимаемом этим полем. Распределение Э. э. п. в данном пространстве связано с распределением напряженности электрического поля в пространстве. В случае электрического поля зарядов Э. э. п. представляет собой *энергию электрических зарядов*, которыми электрическое поле создано. Однако электрическое поле может возбуждаться не только электрическими зарядами, но и изменениями магнитного поля (см. *Электромагнитная индукция*). В последнем случае Э. э. п. не может быть сведена к энергии электрических зарядов, так как электрическое поле создается не зарядами, а изменениями магнитного поля. Но плотность Э. э. п., т. е. количество Э. э. п., приходящейся на единицу

объема пространства, в котором это поле сосредоточено, в обоих случаях одинаково связана с напряженностью электрического поля, независимо от того, какими причинами это поле создано. Различие между электрическими полями того и другого происхождения, с точки зрения Э. э. п., заключается лишь в том, что Э. э. п. зарядов создается за счет работы внешних сил, затраченной на перемещение зарядов (например, удаление разноименных зарядов друг от друга); в случае же электрического поля, возбуждаемого изменениями магнитного поля, Э. э. п. создается за счет *энергии магнитного поля.*

Связь между напряженностью электрического поля и плотностью энергии в этом поле может быть найдена из рассмотрения простейшего случая — энергии электрического поля *плоского конденсатора*, исходя из того, что Э. э. п. заряженного конденсатора есть взаимная энергия тех зарядов на обкладках конденсатора, которые создают электрическое поле в нем. Так как поле плоского конденсатора создано двумя разноименными зарядами, распределенными на обкладках конденсатора с одинаковой по величине поверхностной плотностью, то Э. э. п. плоского конденсатора должна быть равна энергии, которой обладают два разноименных заряда, распределенных равномерно на обкладках конденсатора. Пусть поверхностная плотность этих зарядов равна σ, площадь каждой из обкладок S, а расстояние между обкладками d. Чтобы найти эту энергию, рассмотрим, какую работу совершила бы одна из обкладок конденсатора, если бы она двигалась под действием силы притяжения между разноименными зарядами обеих обкладок. Эта обкладка приближалась бы к другой обкладке, и силы взаимодействия зарядов совершали бы работу до тех пор, пока первая обкладка не приблизилась ко второй вплотную, для чего первая обкладка должна переместиться на расстояние d, на котором находились обкладки до начала движения одной обкладки. (Совершенная при этом работа могла бы превратиться, например, в кинетическую энергию движущейся обкладки или в энергию упругой деформации прикрепленной к обкладке пружины— это не играет роли в нашем рассмотрении.)

Чтобы найти величину работы, которую совершают силы взаимодействия зарядов, нужно вычислить ту силу, с которой одна заряженная пластина действует на другую. (При подсчете силы и работы будем пользоваться абсолютной электростатической системой единиц СГСЭ, а потом приведем вид полученных выражений в системе СИ). Нужно учитывать, что на заряд одной пластины действует сила, определяемая полем только другой пластины; ведь поле, созданное электрическим зарядом, не действует на этот же заряд («само на себя»), а только на «чужие» заряды, находящиеся в данном поле. Напряженность электрического поля одной обкладки конденсатора $E' = 2\pi\sigma/\varepsilon$ (а не $4\pi\sigma/\varepsilon$, так как последнее выражение представляет собой результирующее поле обеих его обкладок). Поле E' действует на заряд другой обкладки; на распределенный по поверхности S с плотностью σ заряд $Q = S\sigma$ со стороны одной обкладки на другую действует сила $F = QE'$, т. е.

$$F = \frac{2\pi\sigma^2 S}{\varepsilon}.$$

Чтобы определить энергию данной системы электрических зарядов, нужно рассматривать случай, когда заряды на обкладках конденсатора не могут измениться при движении обкладок, т. е. случай, когда обкладки ни с чем не соединены. В таком случае и напряженность поля обкладки не изменяется при изменении расстояния

до обкладки, так как она зависит только от значения σ, если соблюдается условие, что это расстояние мало по сравнению с размерами обкладок. В рассматриваемой нами задаче это условие соблюдается, так как в плоском конденсаторе расстояние между обкладками уже с самого начала должно быть мало по сравнению с их размерами (иначе это не был бы плоский конденсатор), и поэтому при дальнейшем уменьшении расстояния между обкладками напряженность поля не изменяется, и сила, действующая со стороны одной обкладки на другую, при их сближении остается постоянной. Тогда работа, совершенная этой силой на расстоянии d, есть $A = Fd$. Подставляя найденное выше выражение для F, получим:

$$A = \frac{2\pi\sigma^2 Sd}{\varepsilon}.$$

Тот «запас работы», которую может совершить заряженный конденсатор, потому что он заряжен, и представляет собой энергию его зарядов; следовательно, и Э. э. п. конденсатора

$$W_e = Fd = \frac{2\pi\sigma^2 Sd}{\varepsilon}. \qquad (1)$$

Учитывая, что напряженность поля плоского конденсатора

$$E = \frac{4\pi\sigma}{\varepsilon}, \qquad (2)$$

энергию зарядов, расположенных на его обкладках, а вместе с тем и Э. э. п., можно выразить через напряженность электрического поля, подставив в равенство (1) выражение для σ, полученное из формулы (2):

$$W_e = \frac{\varepsilon E^2}{8\pi} Sd. \qquad (3)$$

Так как поле плоского конденсатора однородно, то как бы ни зависела плотность Э. э. п. от напряженности поля, она распределена равномерно во всем объеме, заполненном электрическим полем; но этот объем равен Sd. Разделив выражение (3) на Sd, найдем, что Э. э. п., приходящаяся на единицу объема, или плотность Э. э. п., равна:

$$w_e = \frac{\varepsilon E^2}{8\pi}. \qquad (4)$$

Напишем приведенные выше выражения в системе СИ:

$$E' = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0\varepsilon};$$

$$W_e = \frac{\sigma^2 dS}{2\varepsilon_0\varepsilon}; \qquad (5)$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon} \qquad (6)$$

и, выражая формулу (5) при помощи выражения (6), получим:

$$w_e = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}. \qquad (7)$$

В случае неоднородного электрического поля плотность Э. э. п. есть отношение количества энергии ΔW_e, заключенного в малом объеме ΔV, к величине этого объема, т. е. $w_e = \Delta W_e/\Delta V$, причем объем должен быть взят столь малым, чтобы в его пределах напряженность поля можно было считать во всех точках одинаковой. Выражения (4) и (7), полученные для случая однородного поля, остаются справедливыми и для случая неоднородного поля. Зная распределение электрического поля в пространстве, можно определить Э.э.п. в отдельных малых объемах и, сложив энергию всех этих малых объемов, найти общую Э. э. п.

Энергия электрического тока — энергия, определяемая той работой, которую может совершить электрический ток при своем исчезновении. При исчезновении электрического тока возникает *э. д. с. самоиндукции*, которая совпадает по направлению с исчезающим током и при этом совершает некоторую работу. Наоборот, при появлении тока возникает э. д. с.

самоиндукции, направленная навстречу току, и на преодоление этой э. д. с. должна быть затрачена некоторая работа внешних сил. Наиболее отчетливо вся эта картина может быть прослежена на простейшем примере возникновения и исчезновения постоянного тока в контуре, обладающем индуктивностью и активным сопротивлением. Когда под действием постоянной внешней э. д. с. E в контуре устанавливается постоянный ток, то вся внешняя э. д. с. идет на преодоление падения напряжения, обусловленного активным сопротивлением контура R, и установившийся ток в контуре $I_0 = E/R$. При этом вся работа внешней э. д. с. превращается в тепло в проводах контура. Однако такой ток устанавливается в контуре не мгновенно, а постепенно. Сначала непосредственно после включения внешней э. д. с., когда ток в цепи начинает возрастать, в цепи действует э. д. с. самоиндукции, направленная навстречу внешней э. д. с., и часть этой последней идет на определение первой. Соответственно только часть внешней э. д. с. идет на преодоление падения напряжения в контуре, и только часть работы внешней э. д. с. превращается в тепло.

Поскольку работа э. д. с. за малый промежуток времени Δt есть $\Delta A = EI\Delta t$, где I — среднее значение силы тока за Δt, то в процессе установления тока, пока I меньше I_0, работа э. д. с. за любой промежуток времени Δt меньше, чем за такой же промежуток времени после того, как ток I установился, т. е. достиг значения I_0. Таким образом, за все время установления тока внешняя э. д. с. совершает меньшую работу, чем за такой же промежуток времени после установления тока I_0, и к тому же из этой меньшей работы только часть превращается в тепло, т. е. при установлении тока выделяется гораздо меньше тепла, чем за тот же промежуток времени в случае установившегося тока (здесь сказывается то обстоятельство, что количество тепла пропорционально квадрату силы тока и поэтому резко уменьшается при уменьшении силы тока). Другая же часть работы, совершаемая той частью внешней э. д. с., которая идет на преодоление встречной э. д. с. самоиндукции, не превращается в тепло. Затрата этой части работы связана с самим процессом возникновения тока. Если окажется, что такая же работа будет совершена током при его исчезновении, то значит, часть работы, связанная с самим процессом возникновения тока, превращается в Э. э. т.

Чтобы убедиться в том, что при исчезновении ток совершает работу, положим, что в рассмотренном выше контуре, после того, как под действием постоянной внешней э. д. с. E уже установился ток I_0, эта внешняя э. д. с. в какой-то момент времени перестала действовать (но контур остался замкнутым). После прекращения действия внешней э. д. с. возникшая в цепи э. д. с. самоиндукции, направленная в ту же сторону, что и текущий ток, поддерживает его еще некоторое время и совершает работу по преодолению падения напряжения в цепи (поскольку внешняя э. д. с. уже не действует). Подробное рассмотрение показывает, что эта работа по преодолению падения напряжения при исчезновении тока как раз равна той работе, какую при установлении тока совершила часть внешней э. д. с., идущая на преодоление встречной э. д. с. самоиндукции. Чтобы найти Э. э. т., нужно подсчитать эту работу. Если за малое время Δt сила тока убывает на малую величину ΔI, то при этом в цепи возникает э. д. с. самоиндукции E_c, по величине равная $L \dfrac{\Delta I}{\Delta t}$, где L — *индуктивнсcть* цепи. Работа, совершенная э. д. с. за

этот промежуток времени, $\Delta A = E_c I \Delta t$, где I — среднее значение силы тока в цепи в этот же промежуток времени. Подставляя вместо E_c ее значение, найдем:

$$\Delta A = L\frac{\Delta I}{\Delta t} I\Delta t = LI\Delta I. \qquad (1)$$

Таким образом, работа за каждый малый промежуток времени не зависит от продолжительности этого промежутка, а только от среднего значения тока в этот промежуток времени и величины, на которую изменился ток за этот промежуток времени. Вследствие этого и вся работа, совершаемая э. д. с. самоиндукции при уменьшении силы тока от I_0 до нуля, зависит не от того, как долго длится спадание тока, а лишь от начального значения силы тока I_0. Подсчет этой работы, который сводится к математической операции интегрирования выражения (1), дает следующее выражение для Э. э. т.:

$$W = \frac{LI_0^2}{2}. \qquad (2)$$

Поскольку э. д. с. самоиндукции обусловлена изменениями магнитного поля, то работа той части внешней э. д. с., которая идет на преодоление встречной э. д. с. самоиндукции при возрастании тока, непосредственно связана с возникновением магнитного поля тока; наоборот, работа, совершаемая э. д. с. самоиндукции при спадании тока, непосредственно связана с исчезновением этого магнитного поля. Таким образом, Э. э. т. есть не что иное, как *энергия магнитного поля*, возбуждаемого током. В этом смысле есть некоторая аналогия между Э. э. т. и *энергией электрических зарядов*, которая является энергией электрического поля. Однако между ними есть принципиальное различие, которое делает указанную аналогию чисто внешней.

Система свободных электрических зарядов всегда движется так, что энергия их уменьшается и за счет этой энергии силы электрического поля совершают работу. Поэтому энергия электрических зарядов аналогична потенциальной энергии в механике. «Свободный» же электрический ток, т. е. ток, текущий по проводам, которые могут свободно двигаться (например, по гибким проводам), ведет себя совсем иначе. Представим себе катушку индуктивности из гибкого провода, намотанного на цилиндрический каркас, вдоль которого витки катушки могут скользить. Если по катушке будет течь ток I, то он будет во всех витках течь в одном и том же направлении и *силы взаимодействия токов* заставят все эти витки притянуться друг к другу. Силы взаимодействия токов совершат некоторую механическую работу (например, если бы витки катушки представляли собой пружину, то эта работа превратилась бы в потенциальную энергию сжатой пружины). При этом индуктивность L катушки увеличится, так как при данном числе витков L растет с уменьшением длины катушки (или, что то же самое, с уменьшением расстояния между витками). Следовательно, возрастает и Э. э. т., так как при данной силе тока Э. э. т. пропорциональна L. Таким образом, в случае «свободного» тока в отличие от свободных электрических зарядов одновременно и совершается механическая работа и увеличивается Э. э. т. Ясно, что механическая работа в этом случае совершается не за счет Э. э. т. (поскольку эта последняя также увеличивается), а за счет работы внешней э. д. с., поддерживающей ток в катушке. При этом, однако, во время движения витков катушки работа, совершаемая внешней э. д. с., не только не увеличивается, но даже уменьшается. Это обусловлено тем, что при сближении витков катушки ее маг-

нитное поле усиливается, возрастает пронизывающий катушку магнитный поток, следовательно, возникает э. д. с., направленная навстречу текущему в катушке току, сила тока падает и оказывается меньше I в течение всего времени, пока витки катушки сближаются. В результате работа внешней э.д.с. оказывается меньше, чем за то же время, в случае, когда витки катушки неподвижны. Но еще больше сокращается та часть работы внешней э. д. с., которая превращается в тепло. За счет этой «экономии» на выделенном тепле совершается механическая работа и увеличивается Э. э. т.

Несколько более близкой является аналогия между Э. э. т. и кинетической энергией в механике. Их общая черта заключается в том, что Э. э. т. связана с движением электрических зарядов так же, как кинетическая энергия связана с движением тела, которое этой энергией обладает. Однако и эта аналогия весьма ограничена, и вот почему. Если подсчитать кинетическую энергию всех электронов, образующих ток в проводнике (считая, что каждый электрон обладает энергией $mv^2/2$, где m — масса электрона, а v — скорость его регулярного движения), то эта энергия окажется ничтожно малой по сравнению с Э. э. т., т. е. с энергией того магнитного поля, которое создают вместе все участвующие в образовании тока электроны, движущиеся по проводнику. Это объясняется тем, что магнитное поле с напряженностью $H = Nh$, получающееся в результате наложения друг на друга большого числа N одинаковых магнитных полей с напряженностью h, создаваемых отдельными движущимися электронами, обладает гораздо большей энергией, чем сумма энергий магнитных полей каждого отдельного электрона (Подробнее см. *Энергия магнитного поля*). Аналогично тому, как явление самоиндукции обусловливает существование Э э. т., явление *взаимоиндукции* обусловливает существование взаимной *энергии электрических токов.*

Энтропия — термин *кибернетики* и *теории информации*, означающий меру степени неопределенности ситуации (случайной величины) при условии, что общее число исходов является конечным (или счетным). Э. служит для оценки количества информации. Собственно информация определяется в современной теории связи как уменьшение неопределенности некоторой ситуации, имеющей ряд возможных исходов, так что до получения информации не известно в точности, каким является действительный исход. Получение информации уменьшает неопределенность. В качестве меры неопределенности ситуации К. Шенноном была предложена Э., обозначаемая чаще всего символом H и подсчитываемая по формуле

$$H = -k \sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i,$$

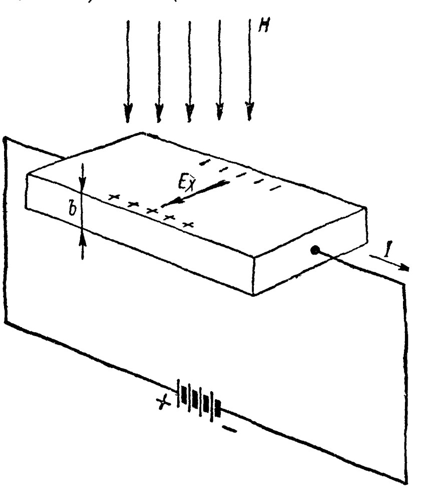
где k — коэффициент, учитывающий выбранное основание логарифмов; p_i — вероятность i-го исхода; n — общее число исходов. Следовательно, Э. есть сумма произведений вероятности i-го исхода на логарифм этой вероятности. Основание логарифма может быть любым (что и учитывает коэффициент k), но чаще всего берутся двоичные логарифмы; тогда Э. измеряется в *двоичных единицах* (битах). Нетрудно убедиться, что благодаря знаку минус, стоящему перед символом суммирования, Э. всегда положительна. Э. может принимать минимальное и максимальное значения (от нуля до любой положительной величины), причем Э. максимальна для ситуации с равновероятными исходами. Э. обладает свойствами аддитивности, т. е. Э. сложной ситуации, состоящей из

нескольких независимых опытов, равна сумме Э. каждого опыта. Э. оказалась удобной мерой, пригодной для количественной оценки информации при передаче сигналов по каналам связи, при хранении информации в запоминающих устройствах и в других случаях передачи, приема, преобразования, хранения и использования информации.

Эпитаксиальные транзисторы — транзисторы, изготавливаемые путем напыления тонких пленок на поверхность полупроводниковой пластинки. Исходная пластинка обычно служит коллекторной областью будущего транзистора. Напыляя на одну из поверхностей этой пластинки тонкие слои подходящих веществ (иногда в сочетании с диффузией необходимых примесей), создают слои, выполняющие роль базовой и эмиттерной областей. Достоинствами Э. т. являются возможность одновременного изготовления большого числа одинаковых транзисторов, высокие граничные частоты, малые объемные сопротивления.

Эффект Пельтье — охлаждение или нагрев контакта разнородных материалов, зависящие от направления постоянного тока через такой контакт. Э. П. непосредственно не связан с преобразованием электрической энергии в тепловую или с обратным преобразованием: одновременно с выделением тепла на одном контакте замкнутой электрической цепи, в другом контакте, где ток проходит материалы в обратной последовательности, происходит поглощение такого же количества тепла из внешней среды; вся цепь работает как тепловой насос, перекачивающий тепло из одной точки в другую. Наряду с Э. П. во всех участках цепи происходит обычное выделение тепла, зависящее от электрического сопротивления каждого участка. Поэтому наблюдать охлаждение контакта, связанное с Э. П., можно лишь при условии, что «откачиваемая» из этого контакта теплота превышает теплоту, выделяемую в его сопротивлении. Охлаждение выражено наиболее ярко в контактах специально подбираемых пар *полупроводников*. Это явление используется для создания термоэлектрических холодильников, термостатов. Большой вклад в изучение этого явления и в разработку разнообразных приборов, на нем основанных, внесли акад. А. Ф. Иоффе и его ученики.

Эффект Холла — появление э. д. с. E_x в направлении, перпендикулярном току через *полупроводник*, помещенный в магнитное



поле (см. рис.). Э. Х. возникает вследствие отклонения движущихся носителей магнитным полем. Поскольку в полупроводниках существуют носители двух знаков (электроны и дырки), знак э. д. с. Э. Х. зависит от типа проводимости полупроводника. Величина э. д. с. Э. Х. прямо пропорциональна напряженности магнитного поля H и величине тока I через полупроводник и обратно пропорциональна толщине b полупроводникового стержня в направлении

магнитного поля. Последнее обстоятельство побуждает использовать для приборов, основанных на Э. Х., тонкие пластинки или пленки; такие приборы называются *датчиками Холла.*

Эффект Шоттки — явление, наблюдающееся в электронных приборах с накаленным катодом и состоящее в том, что внешнее ускоряющее электрическое поле (например, поле анод — катод в электронных лампах) способствует выходу электронов из катода (при неизменной его температуре). Э. Ш. особенно сильно проявляется в лампах с *оксидным катодом*, в которых вследствие его шероховатости напряженность поля у его поверхности может достигать больших значений.

Эффект Эдисона — то же, что *термоэлектронная эмиссия.* Происхождение названия Э. Э. связано с тем, что, производя различные опыты с созданными им электрическими лампочками накаливания для электрического освещения, Эдисон наблюдал электрический ток между накаленной нитью лампочки и впаянным в ее баллон электродом, к которому приложено положительное напряжение относительно нити.

Эффект Эрли — см. *Модуляция ширины базы.*

Эффективное время жизни — *время жизни неравновесных носителей*, определенное с учетом их рекомбинации не только в объеме, но и на поверхности полупроводника. Ввиду того, что на поверхности обычно происходит усиленная рекомбинация (см. *Поверхностные явления*), Э. в. ж. сильно зависит от конструкции того или иного полупроводникового прибора и от способов обработки поверхности. Э. в. ж. существенно влияет на важные параметры многих полупроводниковых приборов. Так, с уменьшением Э. в. ж. у полупроводниковых диодов возрастает обратный ток, а у транзисторов снижается коэффициент усиления по току.

Эффективное значение напряжения и тока — то же, что *действующее значение переменного напряжения и тока.*

Эффективность катода — один из основных параметров, характеризующий экономичность работы накаливаемых катодов электронных приборов. Эффективностью катода H называется отношение *тока эмиссии* катода I_e к мощности $P_н$, затрачиваемой на его нагрев:

$$H = \frac{I_e}{P_н}.$$

Эффективность эмиттера — величина, показывающая, какую долю тока *эмиттера* образует поток впрыскиваемых из эмиттера в *базу* неосновных для области базы носителей (в транзисторе структуры *p—n—p* — доля дырочного тока эмиттера). С повышением Э. э. возрастает коэффициент усиления по току транзистора. Для достижения высокой Э. э. область эмиттера делают более низкоомной, чем область базы, причем концентрация дырок в эмиттере получается больше концентрации электронов в базе и ток эмиттера образуется главным образом за счет дырок. На практике Э. э. достигает 0,99 и более.

Эхо при звукозаписи — см. *Копир-эффект.*

Я

Яркостная отметка цели — в радиолокационном *индикаторном устройстве* отметка на экране индикаторной *электронно-лучевой трубки* обнаруженной цели, дающая возможность судить о *координатах цели*, выражающаяся в виде точки или пятна повышенной яркости. Для получения Я. о. ц. отраженный от цели сигнал с выхода радиоприемника поступает на управляющий электрод трубки. Я. о. ц. особенно удобна при применении

комбинированных индикаторов, дающих возможность определять две координаты, например дальность и азимут.

Яркостный сигнал — сигнал телевизионного изображения, пропорциональный *яркости* передаваемого элемента независимо от его цветности.

Яркость—характеристика удельной интенсивности свечения излучающей или отражающей поверхности. Я. измеряется *силой света*, излучаемого единицей поверхности. Единицей Я. служит нит (*нт*) — одна свеча с одного квадратного метра. Старая единица Я. — стильб (*сб*), равный 10^4 *нт*. Я. светлых участков изображения на экране кинескопа достигает сотен нит.

Ячейка — 1) с точки зрения программирования: часть памяти цифровой вычислительной машины, предназначенная для хранения одного числа; в реальном запоминающем устройстве одно *слово* в накопителе может соответствовать одной или нескольким Я.

2) Электронная схема, выполняющая простую логическую операцию, чаще всего запоминание на один такт. Динамические схемы на сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса и диодах (или транзисторах) называются **феррит-диодными** (или **феррит-транзисторными**) Я.

3) Конструктивный блок, имеющий разъем, в котором смонтированы отдельные функционально законченные логические или электронные схемы. Каждый такой блок получает наименование: Я. совпадения, Я. инвертора, Я. формирователя и т. д. Ячейки вставляются в ответные части разъемов, расположенных на раме (стойке), где выполнен монтаж согласно логической схеме.

Ячейка Керра — устройство для модуляции светового потока, основанное на использовании электрооптического *Керр-эффекта*.

2 р. 38 к.